



Josiane Branco Plantz

**ANÁLISE FACIOLÓGICA E INTERPRETAÇÃO  
PALEOAMBIENTAL EM UM TESTEMUNHO DE SONDAGEM  
DO COMPLEXO DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL (RJ)**

**Trabalho Final de Curso  
(Geologia)**

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2014



UFRJ

Josiane Branco Plantz

ANÁLISE FACIOLÓGICA E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL EM  
UM TESTEMUNHO DE SONDAGEM DO COMPLEXO DELTAICO DO  
RIO PARAÍBA DO SUL (RJ).

Trabalho Final de Curso de Graduação  
em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do  
Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado  
como requisito necessário para obtenção  
do grau de Geólogo.

Orientadores:

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida

Thiago Gonçalves Carelli

Rio de Janeiro  
Novembro de 2014

PLANTZ, Josiane Branco

**Análise faciológica e interpretação paleoambiental em um testemunho de sondagem do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul** / Josiane Branco Plantz - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2014.

xvi, 92 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2014.

Orientadores: Leonardo Fonseca Borghi de Almeida e Thiago Gonçalves Carelli

1. Geologia. 2. Setor de Paleontologia e Estratigrafia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida e Thiago Gonçalves Carelli. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Análise faciológica e interpretação paleoambiental em um testemunho de sondagem do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul.

Josiane Branco Plantz

ANÁLISE FACIOLÓGICA E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL EM  
UM TESTEMUNHO DE SONDAÇÃO DO COMPLEXO DELTAICO DO  
RIO PARAÍBA DO SUL (RJ).

Trabalho Final de Curso de Graduação  
em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do  
Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado  
como requisito necessário para obtenção  
do grau de Geólogo.

Orientadores:

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida

Thiago Gonçalves Carelli

Aprovada em: 27 de novembro de 2014

Por:

---

Orientador: Dr. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida (UFRJ)

---

Dr. Claudio Limeira Mello (UFRJ)

---

Dr. Cleverson Guizan Silva (UFF)

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2014

*Dedico este trabalho aos que sempre me apoiaram, meus pais, Fernando e Lucinéa.*

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Projeto Delta, realizado em parceria entre LAGESED (UFRJ), LAGEMAR (UFF) e CHEVRON BRASIL pela concessão da bolsa e à toda equipe do projeto, em especial ao Thiago Gonçalves Carelli e à Amanda Goulart Rodrigues, pela amizade e pelas discussões que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao professor Dr. Leonardo Borghi pela orientação, amizade e todo o aprendizado adquirido no decorrer da preparação deste trabalho.

**“O covarde nunca tenta, o fracassado nunca termina e o vencedor nunca desiste.”**

**Norman Vincent Peale**

## Resumo

PLANTZ, Josiane Branco. **Análise faciológica e interpretação paleoambiental em um testemunho de sondagem do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (RJ)**. 2014. xvi, 92p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, localizado no norte do Estado do Rio de Janeiro, engloba toda a porção emersa da bacia de Campos e é representado por depósitos pleistocênicos e holocênicos. Dada a sua importância sedimentológica e econômica esta planície costeira é alvo de diversos estudos desde a década de 50. Embora muitas pesquisas e trabalhos tenham sido executados na região a maioria dos modelos evolutivos propostos são baseados em depósitos superficiais, devido à ausência de amostragens de subsuperfície. O presente trabalho objetiva realizar uma análise faciológica com posterior interpretação paleoambiental de um testemunho de sondagem (poço 2-MU-1-RJ) localizado no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (coordenadas 7573378,88 / 278961,84 WGS 84). O poço alcançou cerca de 200m de profundidade (sem atingir o embasamento) e apresenta baixa recuperação, principalmente na parte basal, devido à natureza friável do material. Após uma descrição detalhada e confecção de perfil litológico (escala 1:40) foram identificadas fácies areníticas, fácies híbridas, fácies heterolíticas e fácies lutíticas, totalizando 16 fácies sedimentares, que, posteriormente, foram agrupadas em cinco sucessões de fácies representativas de intervalos associados a diferentes estágios de sedimentação. Além disso, foram selecionados três níveis do testemunho para datação por radiocarbono. Os paleoambientes foram interpretados, da base para o topo, como fluvial meandrante de baixa sinuosidade, planície de maré, marinho, lagunar e um ambiente fluvial recente, e representam o preenchimento de um vale tectônico. Baseado em informações sedimentológicas interpretou-se um evento transgressivo e a sedimentação em um paleoambiente estuarino, com idades maiores que 40.000 anos.

**Palavras chave:** Bacia de Campos; Complexo deltaico do rio Paraíba do Sul; Fácies sedimentares; Quaternário.



## Abstract

PLANTZ, Josiane Branco. **Facies analysis and interpretation paleoenvironmental of a drill core in the deltaic complex of Paraíba do Sul river (RJ)**. 2014. xvi, 92p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The deltaic complex of the Paraíba do Sul river, located in the northern state of Rio de Janeiro, encompasses the entire onshore portion of the Campos basin and it is represented by Pleistocene and Holocene deposits. Due to its economic and sedimentological importance this coastal plain is the focus of many studies since the 50s. Although many researches and studies have been undertaken in the area most of the proposed evolutionary models are based on superficial deposits, given the absence of subsurface samples. This paper aims to conduct a facies analysis with subsequent paleoenvironmental interpretation of a drill core (well 2-MU-1-RJ) located in the deltaic complex of the Paraíba do Sul river (coordinates 7573378.88 / 278961.84 WGS 84). The well reached about 200m deep (without reaching the basement), and low recovery, mainly in the basal part, given the brittle nature of the material. After a detailed description and preparation of lithological profile (scale 1:40) were identified sandstone facies, hybrid facies, heterolithic facies and mud facies, totaling 16 sedimentary facies, then they were grouped into five facies successions representative of the intervals associated with different stages of sedimentation. In addition, were selected three levels of drill core for radiocarbon dating. The paleoenvironments were interpreted, from the base to the top, as low-sinuosity meandering fluvial, tidal flat, marine, lagoonal and a recent fluvial environment, this sequence represent the fill of a tectonic valley. Based on sedimentological information were interpreted a transgressive event and sedimentation in an estuarine paleoenvironment, with age larger than 40,000 years.

**Key words:** Campos basin; Paraíba do Sul deltaic complex; Sedimentary facies; Quaternary.

## Lista de Figuras

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Figura 1</b> – Imagem de localização da área do poço (2-MU-1-RJ). Destaca-se a proximidade do mesmo com a cidade de Campos dos Goytacazes (cerca de 35 km de distância) e com a Lagoa Feia (Rodrigues, em prep.). .....   | 4      |
| <b>Figura 2</b> – Diagrama ternário para classificação de deltas proposto por Galloway (1975). .....   | 8      |
| <b>Figura 3</b> – Diferentes fases evolutivas associadas a pequenas variações do curso do rio e responsáveis pela formação do complexo deltaico do rio Mississipi (Fonte: Science Magazine). .....   | 10     |
| <b>Figura 4</b> – Imagem ilustrativa da morfologia convexa atual do complexo deltaico do rio Níger. A seta vermelha indica a direção que se deu a evolução do complexo deltaico, sabe-se que no Paleoceno/Eoceno sedimentos começaram a construir um delta na porção mais ao Norte do delta atual, que evoluiu cada vez mais para Sul (Fonte: Infopédia). .....  | 11     |
| <b>Figura 5</b> – Delimitação da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul englobando os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Fonte: AGEVAP). .....   | 14     |
| <b>Figura 6</b> – Mapa de províncias geomorfológicas do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Tomaz, 2005). .....   | 15     |
| <b>Figura 7</b> – Domínios tectono-magmáticos do Estado do Rio de Janeiro e área adjacentes (CPRM, 2001). .....  | 17     |
| <b>Figura 8</b> – Mapa de localização da bacia de Campos, destacando seus limites estruturais com as bacias de Santos, a sul, pelo Alto de Cabo Frio, e de Espírito Santo, a norte, pelo Alto de Vitória (Moraes, 1989). .....   | 19     |
| <b>Figura 9</b> – Seção esquemática idealizada da evolução tectono-sedimentar de uma margem passiva. (a) e (b) exibem o estágio inicial do rifte, sedimentação continental; (c) fase final de evolução do rifte, sedimentação em ambiente marinho pouco profundo; (d) e (e) ocorre sedimentação da fase de rifte proto-oceânico e da fase de margem passiva, ou seja, marinho pouco profundo, tipo plataforma, a marinho profundo já no estágio drifte (modificado por Mohriak, 2003). .....   | 21     |
| <b>Figura 10</b> – Seção geológica esquemática regional da bacia de Campos, com destaque para as sequências rifte (ou continental), transicional (ou pós-rifte) e drifte (ou marinha) (modificado de Rangel <i>et al</i> , 1998). .....  | 22     |
| <b>Figura 11</b> – Carta estratigráfica da bacia de Campos, com destaque para as supersequências rifte, pós-rifte e drifte e para as principais unidades litoestratigráficas (Formação Cabiúnas, Grupos Lagoa Feia, Macaé e Campos) (Winter <i>et al</i> , 2007). .....  | 24     |
| <b>Figura 12</b> – Imagem de satélite, escala aproximada 1:50.000, onde se destaca o embasamento pré-cambriano e o complexo deltaico do rio Paraíba do Sul com seus subambientes. (1) Formação Barreiras – Plioceno; (2) Terraços arenosos pleistocênicos da primeira fase de deltação do rio Paraíba do Sul; (3) Lagoa Feia, como remanescente do sistema lagunar instalado na transgressão de 5.100 anos; (4) Sedimentos fluviais holocênicos da região dos paleocanais e (5) Terraços arenosos holocênicos da atual fase de deltação do rio Paraíba do Sul (Fonte: Google Earth). ..... | 25     |

- Figura 13** – Mapa geológico esquemático da planície costeira do rio Paraíba do Sul. (1) Terraço marinho holocênico; (2) Sedimentos lagunares; (3) Sedimentos fluviais (delta intralagunar); (4) Terraço pleistocênico; (5) Sedimentos continentais pliocênicos (Formação Barreiras); (6) Embasamento cristalino pré-cambriano; (7) Alinhamentos de cristas praias holocênicas; (8) Alinhamentos de cristas praias pleistocênicas e (9) paleocanais fluviais (Martin *et al*, 1993). ..... 26
- Figura 14** – Diferentes fases de deltação do rio Paraíba do Sul propostas por Lamego (1955) (modificado de Lamego, 1955 *apud* Tomaz, 2005). ..... 30
- Figura 15** – Lobos subatuais do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Argento, 1982 *apud* Tomaz, 2005). ..... 32
- Figura 16** – Curva de variação do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos, exemplo do Norte de Salvador, BA (Martin *et al*, 1984). ..... 34
- Figura 17** – Planície costeira do rio Paraíba do Sul, em aproximadamente 5.100 anos AP, período do pico da transgressão holocênica, caracterizada por um sistema de ilhas-barreiras delimitando uma laguna (Martin *et al*, 1997). ..... 39
- Figura 18** – Período entre 5.100 e 4.200 anos AP em que ocorreu a acumulação de sedimentos arenosos marinhos associada à acumulação de sedimentos fluviais do delta intralagunar, sendo estes os principais responsáveis pela colmatação parcial da paleolaguna (Martin *et al*, 1997). ..... 39
- Figura 19** – Período entre 5.100 e 4.200 anos AP quando um braço do rio Paraíba do Sul já atingia diretamente o mar, culminando com uma progradação acelerada da linha de costa (Martin *et al*, 1997). ..... 40
- Figura 20** – Continuação da progradação dos sedimentos arenosos marinhos e da construção do delta intralagunar, entre 3.600 e 2.800 anos AP. Neste mesmo período houve a formação das lagunas presentes nas proximidades do cabo de São Tomé (Martin *et al*, 1997). ..... 40
- Figura 21** – Mapa geológico do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, em que os depósitos encontram-se individualizados de acordo com a idade (Martin *et al*, 1997). ..... 41
- Figura 22** – Imagem de satélite onde destaca-se, em vermelho, a fase mais antiga de deltação colocada por Silva, (1987). Nesta porção, ao sul do eixo Campos – Cabo de São Tomé, os depósitos são de idade pleistocênica e é possível observar vestígios de paleocanais truncados por uma faixa de cordões arenosos. Em amarelo, tem-se a fase mais recente de deltação, com depósitos de idade holocênica, onde é possível observar uma planície de cristas de praia associadas ao curso atual do rio (Fonte: Google Earth). ..... 43
- Figura 23** – Esquema evolutivo dos últimos 120.000 anos AP das planícies de cordões litorâneos associados às desembocaduras dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul (Dominguez, 1990). ..... 45
- Figura 24** – Perfil litológico esquemático do testemunho do poço 2-MU-1-RJ onde se observa o aspecto geral das rochas descritas e os cinco intervalos associados a diferentes estágios de sedimentação: intervalo 1 (200-68m) destacado em azul, intervalo 2 (68-42m) em púrpura, intervalo 3 (42-30m) em preto, intervalo 4 (30-12m) em vermelho e intervalo 5 (12-0m) em verde. .... 50

**Figura 25** – Fácies Aam. Observar arenito fino superior argiloso, mal selecionado e de coloração alaranjada. Ocorre concentrado no topo do testemunho de sondagem (0,00 – 0,50m). ..... 53

**Figura 26** – Fácies Amf. (A) Areia média superior, angulosa, mal selecionada, com grande proporção de muscovita e feldspato. Características predominantes no topo do testemunho (1,50 – 1,85m) e (B) Areia muito grossa inferior, subangulosa, mal selecionada e de composição quartzo-feldspática. Feições repetem-se com frequência na porção basal do testemunho (197,10 – 197,40m). ..... 54

**Figura 27** – Fácies Aml. (A) Arenito muito fino superior, bioturbado, bem selecionado, com lentes de argila e elevada proporção de muscovita. Estas características são predominantemente observadas entre 9,20 e 12,75m de profundidade e (B) Arenito muito fino superior, bem selecionado, com grande proporção de muscovita e elevada argilosidade. Destaca-se a grande concentração de fitoclastos identificados entre 26,30 e 27,10m de profundidade. .... 56

**Figura 28** – Fácies Ao. (A) Arenito fino superior, bem selecionado, de coloração amarelada com pequenos nódulos de ferro (siderita). Estas características são predominantemente observadas entre 42,35 e 43,00m de profundidade e (B) Arenito fino superior, moderadamente selecionado, de coloração acastanhada com elevada proporção de nódulos de ferro (siderita) tamanho grânulo. Estas feições são identificadas em aproximadamente 45m de profundidade. .... 57

**Figura 29** – Fácies Ac. Arenito médio superior, subarredondado, mal selecionado, de coloração cinza, com estratificação marcada pela intercalação com argilito. Estas características são observadas especialmente em torno de 95,00m de profundidade. Destaca-se que é rara a presença de estruturas sedimentares em todo o testemunho. .... 58

**Figura 30** – Fácies Afa. Arenito grosso superior, subarredondado, mal selecionado, com grânulos dispersos. Apresenta coloração amarelada, baixa argilosidade e elevada proporção de feldspato. Estas feições são identificadas em toda parte basal do testemunho. .... 60

**Figura 31** – Fácies AaF. (A) Arenito fino superior, bem selecionado, de coloração cinza claro, que apresenta elevada argilosidade. Estas características são observadas em torno de 114,35m de profundidade e (B) Base da amostra da Figura 10. É possível detectar a presença de fitoclastos, feição diagnóstica desta fácies. .... 61

**Figura 32** – Fácies HFb. Arenito híbrido muito fino superior, bem selecionado, de coloração cinza. Com presença de muscovita, além de fitoclastos e bioclastos, levemente orientados, que são os dois principais aspectos diagnósticos desta fácies. Estas características são observadas em torno de 12,75m de profundidade. .... 63

**Figura 33** – Fácies Hgb. Arenito híbrido fino superior, muito mal selecionado, com presença de grânulos dispersos. Apresenta coloração cinza e elevada proporção de bioclastos inteiros e fragmentados. Estas feições são identificadas em duas porções bem definidas, em torno de 19,80m e 41,70m. .... 64

**Figura 34** – Fácies Hba. Arenito híbrido médio superior, subanguloso, mal selecionado, alaranjado. Trata-se de um material extremamente friável e grande proporção de bioclastos inteiros e fragmentados. Estas características são observadas, principalmente, em torno de 30,10m de profundidade. .... 65

**Figura 35** – Fácies Hb. Arenito híbrido fino superior, mal selecionado, com coloração cinza e bioclastos. Trata-se da fácies com maior proporção de material carbonático. Estes atributos são identificados, com pequenas variações, entre 32 e 39m. .... 67

**Figura 36** – Fácies Ia. Intercalações entre arenito híbrido e argilito formando acamamento heterolítico do tipo fláser. Predomínio de coloração cinza, nota-se a presença de bioclastos. Estas características são observadas, principalmente, em torno de 29m de profundidade. .... 68

**Figura 37** – Fácies Is. (A) Rocha com coloração amarelada que exibe intercalações entre siltito híbrido e delgadas camadas de arenito. Estas intercalações compõem um acamamento heterolítico do tipo linsen. As características já mencionadas são observadas em torno de 52,50m de profundidade e (B) Variação que ocorre na fácies Is. Note que o material, ainda com coloração amarelada, exibe maior proporção de fração arenosa, mas, ainda assim, forma um acamamento heterolítico do tipo linsen. Nesta amostra é possível identificar bioturbação. .... 70

**Figura 38** – Fácies IF. (A) Material marrom que exibe intercalações entre argilito e delgadas camadas de arenito. Estas intercalações compõem um acamamento heterolítico do tipo linsen. Após a testemunhagem, ocorreu contração da argila gerando as cavidades observadas na imagem. As características mencionadas acima são observadas em torno de 60m de profundidade e (B) Note que o material, ainda marrom, exibe maior proporção de fração arenosa. Nesta amostra é possível identificar bioturbação e grande proporção de fitoclastos, feição diagnóstica desta fácies. .... 71

**Figura 39** – Fácies Lc. (A) Argilito levemente síltico, cerca de 80% de argilosidade, bem selecionado, de coloração cinza claro, rico em fitoclastos. As características mencionadas acima são observadas entre 75,15 e 75,90m de profundidade e (B) Variação da fácies Lc. Note que o material, ainda de coloração acinzentada, exibe alguma proporção de fração arenosa. Trata-se de um argilito arenoso, com cerca de 70% de argilosidade e grande proporção de nódulos de ferro (siderita). Estas feições são observadas em torno de 104m de profundidade. .... 73

**Figura 40** – Fácies La. (A) Argilito arenoso, com cerca de 70% de argilosidade, cuja coloração é amarelada com manchas avermelhadas. As características mencionadas acima são observadas em torno de 107m de profundidade e (B) Note que o material, um argilito síltico com elevada argilosidade, apresenta coloração acastanhada. Material apresenta-se bioturbado e pode ser observado na porção mais basal do testemunho, em torno de 182,80m. .... 74

**Figura 41** – Mapa geológico do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul com as principais superfícies de inundação máxima. A superfície de 5.100 anos AP não está marcada, certamente as feições geomorfológicas que a identifica foram obliteradas por canais fluviais (modificado de Martin *et al*, 1997). .... 83

## Lista de Quadros

### Página

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro Ia</b> – Esquema evolutivo da sedimentação litorânea dada por mecanismos eustáticos e paleogeográficos, proposto por Martin <i>et al</i> , (1993) para as planícies costeiras ao longo do litoral brasileiro situado entre Macaé (RJ) e Maceió (AL). .....                       | 35 |
| <b>Quadro Ib</b> – Esquema evolutivo da sedimentação litorânea dada por mecanismos eustáticos e paleogeográficos, proposto por Martin <i>et al</i> , (1993) para as planícies costeiras ao longo do litoral brasileiro situado entre Macaé (RJ) e Maceió (AL). ( <i>continuação</i> )..... | 36 |
| <b>Quadro II</b> – Esquema evolutivo da região de Lagoa Feia e complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Silva, 1987).....  | 44 |
| <b>Quadro III</b> – Quadro de fácies proposto por Araújo & Beurlen (1975) para a região frontal ao delta, até a cota batimétrica aproximada de 50 m. ....  | 48 |
| <b>Quadro IVa</b> – Quadro de fácies do testemunho do poço 2-MU-1-RJ. ....   | 51 |
| <b>Quadro IVb</b> – Quadro de fácies do testemunho do poço 2-MU-1-RJ. ( <i>continuação</i> ).....  | 52 |
| <b>Quadro V</b> – Síntese dos intervalos identificados no testemunho do poço 2-MU-1-RJ.....  | 75 |
| <b>Quadro VI</b> – Dados obtidos com a datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) .....  | 77 |

## Sumário

|   | Página |
|---|--------|
| Agradecimentos .....  | vi     |
| Resumo .....  | viii   |
| <i>Abstract</i> .....   | ix     |
| Lista de Figuras .....  | x      |
| Lista de Quadros .....  | xiv    |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 1      |
| 2. OBJETIVO E FINALIDADE .....  | 3      |
| 3. MATERIAL E MÉTODO .....  | 4      |
| 3.1 Fácies.....   | 5      |
| 4. DELTAS E COMPLEXOS DELTAICOS .....   | 7      |
| 5. ÁREA DE ESTUDO .....   | 13     |
| 5.1 Localização e Acessos .....   | 13     |
| 5.2 Aspectos Fisiográficos.....   | 13     |
| 5.3 Geomorfologia.....  | 14     |
| 6. CONTEXTO GEOLÓGICO .....   | 17     |
| 6.1 Bacia de Campos .....   | 18     |
| 6.1.1 Evolução tectono-estratigráfica da bacia de Campos .....                              | 20     |
| 6.2 Depósitos quaternários da planície costeira do rio Paraíba do Sul.....                  | 25     |
| 7. MODELOS EVOLUTIVOS PROPOSTOS PARA O COMPLEXO DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL .....        | 29     |
| 8. FÁCIES NO COMPLEXO DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL.....                                   | 46     |
| 9. RESULTADOS .....   | 49     |
| 9.1 Descrição litológica .....  | 49     |
| 9.2 Análise faciológica .....   | 51     |
| 9.3 Sucessão de fácies .....  | 74     |
| 10. DISCUSSÕES .....  | 78     |
| 11. CONCLUSÕES.....   | 84     |
| 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 86     |
| APÊNDICE A – Arquivo fotográfico do testemunho do poço 2-MU-1RJ (~200m).                    |        |
| APÊNDICE B – Descrição litológica, na escala 1:40, do testemunho do poço 2-MU-1-RJ (~200m). |        |

APÊNDICE C – Perfil lito-faciológico, na escala 1:40, do testemunho do poço 2-MU-1-RJ (~200m).

APÊNDICE D – Resumo no 47º Congresso Brasileiro de Geologia: Caracterização estratigráfica de um testemunho de sondagem do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul.

ANEXO 1 – Relatório da datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) fornecido pelo laboratório *Beta Analytic Inc.*



## 1. INTRODUÇÃO

O interesse dos geólogos pelos ambientes deltaicos remonta aos primórdios da ciência geológica. Em 1872, Charles Lyell foi o primeiro a mencionar e descrever este tipo de ambiente (Morgan, 1970).

A partir da década de 1960 o estudo da sedimentação deltaica foi intensificado pelo grande sucesso das campanhas exploratórias em áreas caracterizadas pela presença de deltas. A partir de então, os grandes deltas recentes suscitaram importantes e completas pesquisas, em boa parte impulsionadas pela indústria do petróleo.

O estudo de ambientes sedimentares recentes tem sido usado como ferramenta para a compreensão de possíveis análogos mais antigos. Todo o processo de extração de hidrocarbonetos armazenados em um reservatório depende do conhecimento das diversas heterogeneidades faciológicas, as quais podem ser bem descritas em ambientes sedimentares recentes.

As primeiras descobertas de óleo associadas a sedimentação deltaica ocorreram no final da década de 1950 nos deltas do Níger (costa oeste da África) e do Mississippi (sul dos Estados Unidos). Na mesma década, a produção de petróleo no Brasil era baseada exclusivamente nas bacias terrestres e apenas no final da década de 1960 houve um decisivo avanço para o mar, desencadeando maior interesse não só em relação aos ambientes deltaicos mas também a todo complexo deltaico cuja evolução fora pouco discutida.

Um complexo deltaico pode ser entendido como um empilhamento sedimentar de vários deltas, situados na mesma área geral de subsidência e intercalados com outros tipos de depósitos (Bacoccoli, 1971).

Neste contexto, o complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro, representa um conjunto de ambientes sedimentares intimamente associados à construção deltaica atual. Seu desenvolvimento e a formação dos seus depósitos foram controlados pelas diferentes fases evolutivas do rio Paraíba do Sul, pelas variações relativas do nível do mar que ocorreram durante o Quaternário, por processos fluviais e marinhos, tudo isto ocorrendo em um contexto tectônico favorável (Martin *et al.* 1984; Dominguez, 1990).

Ocupando toda a porção emersa da bacia de Campos, esta ampla planície sedimentar composta por sedimentos pleistocênicos e holocênicos, vem sendo alvo de estudos por diversos pesquisadores (e.g. Lamego, 1955; Bacoccoli, 1971; Martin *et al.* 1984; Silva, 1987;

Dominguez, 1990; Martin *et al.* 1993; Martin *et al.* 1997) que buscam entender sua evolução através do tempo.

No entanto, a grande maioria dos modelos evolutivos propostos para região são baseados apenas em informações advindas de observações geomorfológicas, amostragens superficiais, datações por radiocarbono, tentativas de reconstruções paleogeográficas e influência da variação do nível relativo do mar durante o quaternário na sedimentação litorânea. Alguns autores trabalharam com dados advindos de subsuperfície, porém as amostragens além de pouco profundas (chegando ao máximo de 30 m de profundidade) são bastante escassas.

Amostragens subsuperficiais profundas são praticamente inexistentes, o que representa uma deficiência dos modelos propostos e gera uma lacuna no conhecimento existente. Sendo assim, fazem-se necessárias informações subsuperficiais profundas, que sejam capazes de propiciar uma melhor caracterização da distribuição sedimentar e permitam a integração com dados superficiais, como suporte a elaboração de um modelo evolutivo mais fidedigno.

Tomando como motivação a necessidade do melhor entendimento da evolução do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, este trabalho propõe-se a oferecer uma contribuição a este entendimento com base na análise de fácies, interpretação dos processos geradores das fácies e caracterização de um paleoambiente baseado em dados subsuperficiais profundos.

## **2. OBJETIVO E FINALIDADE**

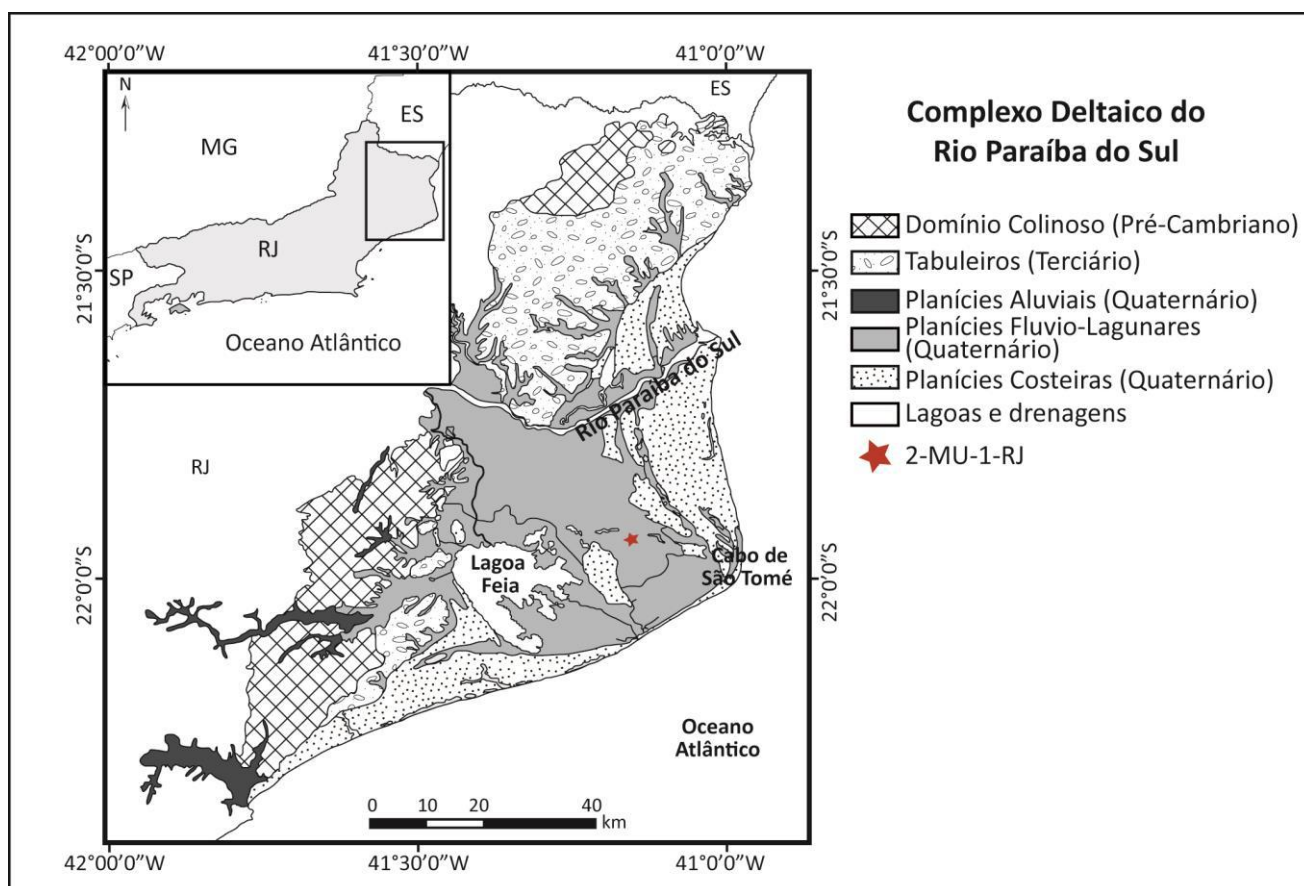
Este trabalho tem por objetivo a análise de fácies do testemunho de sondagem do poço 2-MU-1-RJ localizado no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, parte emersa da bacia de Campos, norte do Estado do Rio de Janeiro.

Destaca-se que fácies são geradas por processos sedimentares particulares, definidos por analogia com casos de estudo em ambientes de sedimentação atuais ou em ensaios de simulação laboratorial (Reading, 1986). Sendo assim, o trabalho tem como finalidade a interpretação de processos sedimentares que conduz à caracterização de paleoambientes deposicionais.

Busca-se por meio da análise faciológica, da definição dos processos formadores das fácies e da interpretação paleoambiental subsidiar discussões sobre os modelos evolutivos existentes para a região. A correlação entre dados de subsuperfície e modelos evolutivos é capaz de promover um melhor entendimento da evolução deste complexo deltaico, além de refinar os modelos tornando-os mais verídicos.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

O material de estudo consiste em um testemunho de um poço localizado no município de Campos dos Goytacazes, distrito de Mussurepe (RJ) (**Figura 1**). A sondagem foi executada na planície costeira ao sul do rio Paraíba do Sul no complexo deltaico homônimo. O poço nomeado como 2-MU-1-RJ é reportado em trabalhos anteriores como Canyon-1-RJ e apresenta coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*): 7573378,88/ 278961,84 (datum WGS, 1984).



**Figura 1** – Imagem de localização da área do poço (2-MU-1-RJ). Destaca-se a proximidade do mesmo com a cidade de Campos dos Goytacazes (cerca de 35 km de distância) e com a Lagoa Feia (Rodrigues, em prep.).

O testemunho foi adquirido no ano de 2003 pela UFRJ por meio do projeto FINEP/CPETRO/UFRJ nº 65.2000.0038.00, intitulado “Análise integrada do sistema área fonte, by-pass, zona de acumulação do sistema turbidítico Almirante Câmara, Recente, Bacia de Campos” e reinterpretado para correlação com o Projeto Delta (UFRJ / UFF / Chevron – Fundação COPPETEC 15857).

Bitencourt, (2006), dentre outros autores, realizaram estudos neste mesmo testemunho de sondagem. Porém os principais esforços concentraram-se na definição de eletrofácies, o que gerou uma deficiência em termos descritivos e, por consequência, não existe na literatura dados faciográficos.

O poço alcançou 200 m de profundidade, muito provavelmente atravessando toda a sucessão estratigráfica holocênica do complexo deltaico e registrando, na sua maior parte, depósitos arenosos do Pleistoceno, contudo não atingiu o embasamento cristalino da região. A sondagem apresentou baixa recuperação, apenas 43%, o que se justifica pela grande presença de material inconsolidado e friável, principalmente nos primeiros 12 m e na parte basal.

Após identificação das caixas de armazenagem e remoção do fluido de perfuração o testemunho de sondagem foi fotografado (**Apêndice A**) e descrito em escala de 1:40 (**Apêndice B**). Descreveu-se: litologias; aspectos texturais, como granulometria, arredondamento dos grãos e seleção; estruturas sedimentares; argilosidade; fósseis (bioclastos) e cores, definidas de acordo com a escala de Munsell<sup>tm</sup>. Algumas destas feições foram utilizadas na caracterização das fácies sedimentares.

A descrição foi feita macroscopicamente com o auxílio de lupa binocular e de um conjunto de peneiras que permitiu a identificação expedita dos aspectos texturais. Para auxiliar na caracterização das fácies utilizou-se, em intervalos específicos, dados de petrografia do Projeto Delta (UFRJ / UFF / Chevron – Fundação COPPETEC 15857). A petrografia apresentou-se eficaz para a identificação dos bioclastos (bivalves, ostracodes, briozoários, equinóides, foraminíferos etc.) presentes em dadas profundidades.

No término da descrição os dados foram carregados no *software* AppleCore® que gerou o perfil lito-faciográfico (escala 1:40) final, neste consta, inclusive, as fácies caracterizadas em cada intervalo do testemunho (**Apêndice C**).

### 3.1 Fácies

O termo fácies, abordagem principal deste trabalho e cerne de diversas discussões, é aqui entendido como uma “massa de sedimento ou de rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais pela litologia, geometria estratal, estruturas sedimentares, petrotrama, cores, fósseis e por atributos direcionais” (Selley, 1970 e Borghi, 2000). Dentre estes atributos foram utilizados: litologia, incluindo a argilosidade; estruturas sedimentares, quando presentes; cores e fósseis como critérios diagnósticos. Algumas feições das rochas possuem caráter apenas descritivo e não diagnóstico, a geometria estratal e os atributos direcionais (paleocorrentes) não

foram abordados no estudo, uma vez que se trabalhou com testemunho de sondagem e este tipo de material não permite tais descrições.

A caracterização de uma fácies nada mais é do que um recurso classificatório de sedimentos ou de rochas sedimentares sem parâmetros pré-estabelecidos na ponderação de seus atributos e aplicado em função de fatores limitantes como o objetivo do estudo, a escala de trabalho, o tempo disponível e a quantidade de informações sobre atributos faciográficos presentes (Walker, 1984 *apud* Borghi, 2000).

Após a caracterização das fácies propôs-se sucessões de fácies. Sucessões de fácies são compreendidas como relações unidimensionais entre fácies, ou seja, uma relação específica de sequenciamento linear das fácies no espaço, usualmente elaborada ou expressa por um perfil sedimentográfico vertical que nos conduz ao modelo deposicional das rochas analisadas (Borghi, 2000).

As variações do nível relativo do mar que aconteceram a partir do Pleistoceno (120.000 anos AP) são colocadas, a partir do trabalho de Martin *et al*, (1984), como um fator de extrema importância para a evolução do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. Buscando posicionar estratigraficamente o material analisado e promover uma correlação entre as feições observadas no testemunho e as superfícies de inundação máxima realizou-se datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) em três amostras estrategicamente selecionadas. As amostras coletadas em 13,20, 37,70 e 59,00m de profundidade foram enviadas para Miami (USA) e analisadas pelo laboratório *Beta Analytic Inc* (**Anexo 1**).

#### 4. DELTAS E COMPLEXOS DELTAICOS

O termo delta data de cerca de 400 a.C., quando o historiador Heródoto o empregou pela primeira vez ao se referir à planície aluvial do rio Nilo. A planície aluvial situada entre os dois distributários principais do rio Nilo, quando vista em planta, exhibe uma grande semelhança com a quarta letra do alfabeto grego. O termo foi introduzido na literatura geológica em 1832 por Charles Lyell que, em 1853, o definiu como sendo “um terreno aluvial formado por um rio em sua desembocadura, sem contudo possuir uma forma definida” (Lyell, 1853 *apud* Moore, 1966).

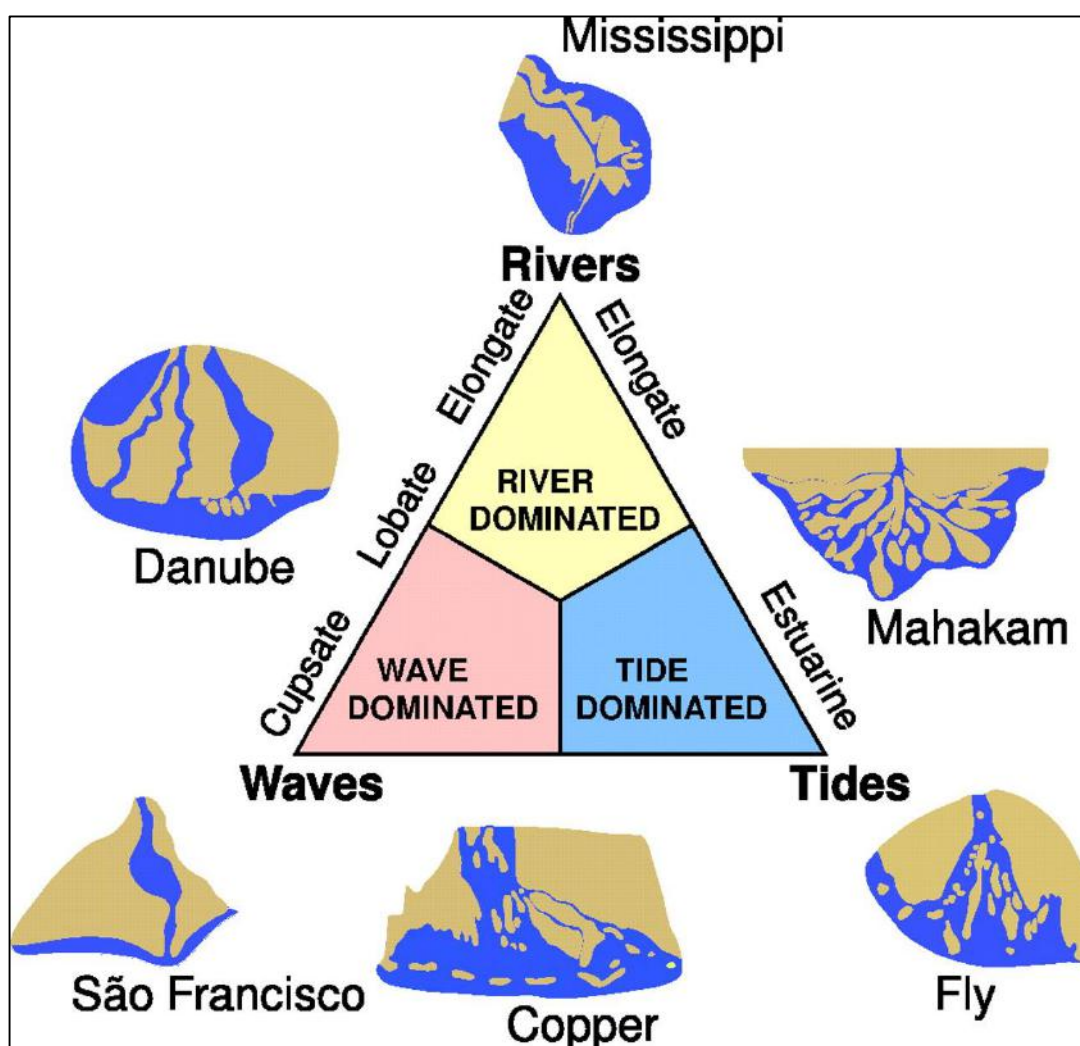
A medida que as descrições de deltas modernos aumentavam em número, tornava-se evidente que essas progradações costeais formadas por rios e, enormemente variadas em suas características, afastavam-se de seu conceito geométrico original, passando a manter apenas seu significado genético. Desse modo, o conceito de delta foi sofrendo modificações para acomodar as novas observações e detendo um caráter mais generalizado (Fisher *et al*, 1969; Wright, 1978).

Após a definição inicial de Lyell (1853) diferentes autores propuseram novas definições para o termo, mas foram Fisher *et al*, (1969) e Wright (1978) que enfatizaram o caráter genérico de delta. Fisher *et al*, (1969) definiram delta como sendo “um sistema deposicional alimentado por um rio e que resulta na progradação irregular da linha de costa” e Wright (1978) caracterizou delta como sendo “acumulações costeiras subaquosas e subaéreas construídas a partir de sedimentos trazidos por um rio, adjacentes ou em estreita proximidade com o mesmo, incluindo os depósitos que foram modelados secundariamente pelos diversos agentes da bacia receptora, tais como, ondas, correntes e marés”.

Atualmente, um delta pode ser entendido como “um depósito construído por um sistema alimentador terrestre, tipicamente aluvial, que flui na direção ou contra um corpo de água. O resultado é uma progradação localizada e irregular da linha de costa, onde a carga sedimentar trazida pelo rio é passível de sofrer modificações por processos baciais, como ondas e marés”. Esta definição engloba dois fatores definidos por Martin & Flexor (1987) como sendo os controladores da formação de um delta, são eles: 1) A presença de um corpo de água carregado de sedimentos fluindo rumo a um corpo permanente de água em relativo repouso e 2) É necessário que a energia do meio receptor atinja o nível suficiente para retrabalhar e dispersar estes sedimentos ao longo da costa, mas para que ocorra a construção de um delta deve haver um déficit de energia do meio receptor em relação ao aporte sedimentar, somente deste modo os sedimentos serão acumulados em torno da desembocadura fluvial.

Morfologicamente um delta pode ser dividido em três grandes porções: 1) Planície deltaica, que abrange a porção subaérea do delta incluindo os canais distributários, ativos ou abandonados, e a planície interdistributária onde se desenvolvem lagos e pântanos; 2) Frente deltaica, local onde ocorre deposição de sedimentos tamanho areia, é a área frontal de deposição ativa do delta e representa a desembocadura fluvial e 3) Prodelta, apresenta sedimentação predominantemente argilosa formando, por decantação, camadas subparalelas com leve inclinação em direção ao mar na porção mais distal da área fonte.

Uma vez definido e caracterizado os deltas podem ser classificados sob vários aspectos, tais como: caráter do sistema alimentador (McPherson *et al*, 1987; Holmes, 1965 e 1978); distribuição de espessuras (Coleman & Wright, 1975); granulometria (Nemec, 1990) e a configuração tectono-fisiográfica (Ethridge & Wescott (1984). No entanto, o esquema mais adotado, ainda hoje, é o de Galloway (1975) (**Figura 2**) que utiliza um diagrama ternário para classificar deltas aluviais em três tipos básicos (dominado por rio, dominado por onda e dominado por maré) com um grande range de intermediários, ou seja, variedades mistas.



**Figura 2** – Diagrama ternário para classificação de deltas proposto por Galloway (1975).



Deltas e complexos deltaicos estão genética e espacialmente interligados. Segundo Bacoccoli (1971) um complexo deltaico pode ser definido como um depósito espesso (da ordem de centenas a milhares de metros), constituído pelo somatório de inúmeros deltas situados na mesma área geral de subsidência e intercalados com outros tipos de depósitos. Entende-se o termo complexo deltaico como sendo representativo de um conjunto de ambientes de sedimentação intimamente associados a evolução de um delta.

Morgan (1970) definiu quatro fatores fundamentais que influem na sedimentação deltaica, são eles: regime fluvial; processos costeiros; fatores climáticos e comportamento tectônico. Estes, associados as variações do nível do mar são considerados de extrema importância não só para a construção de deltas mas também para a evolução de complexos deltaicos.

Dentre exemplos clássicos de complexos deltaicos tem-se o do rio Mississippi e o do rio Niger.

O complexo deltaico do rio Mississippi, localizado no Golfo do México, possui cerca de 28.000 km<sup>2</sup> de área e, provavelmente, é o mais bem conhecido dentre os maiores sistemas deltaicos do mundo. A planície deltaica do Mississippi estende-se desde a foz do vale aluvial até cerca de 320 km ao longo da costa da Louisiana.

A evolução do complexo deltaico do Mississippi ocorre desde o Pleistoceno e está associada a fatores climáticos, como oscilações do nível relativo do mar associadas a períodos glaciais e interglaciais, e fatores tectônicos, como soerguimento da zona costeira (Gould, 1970).

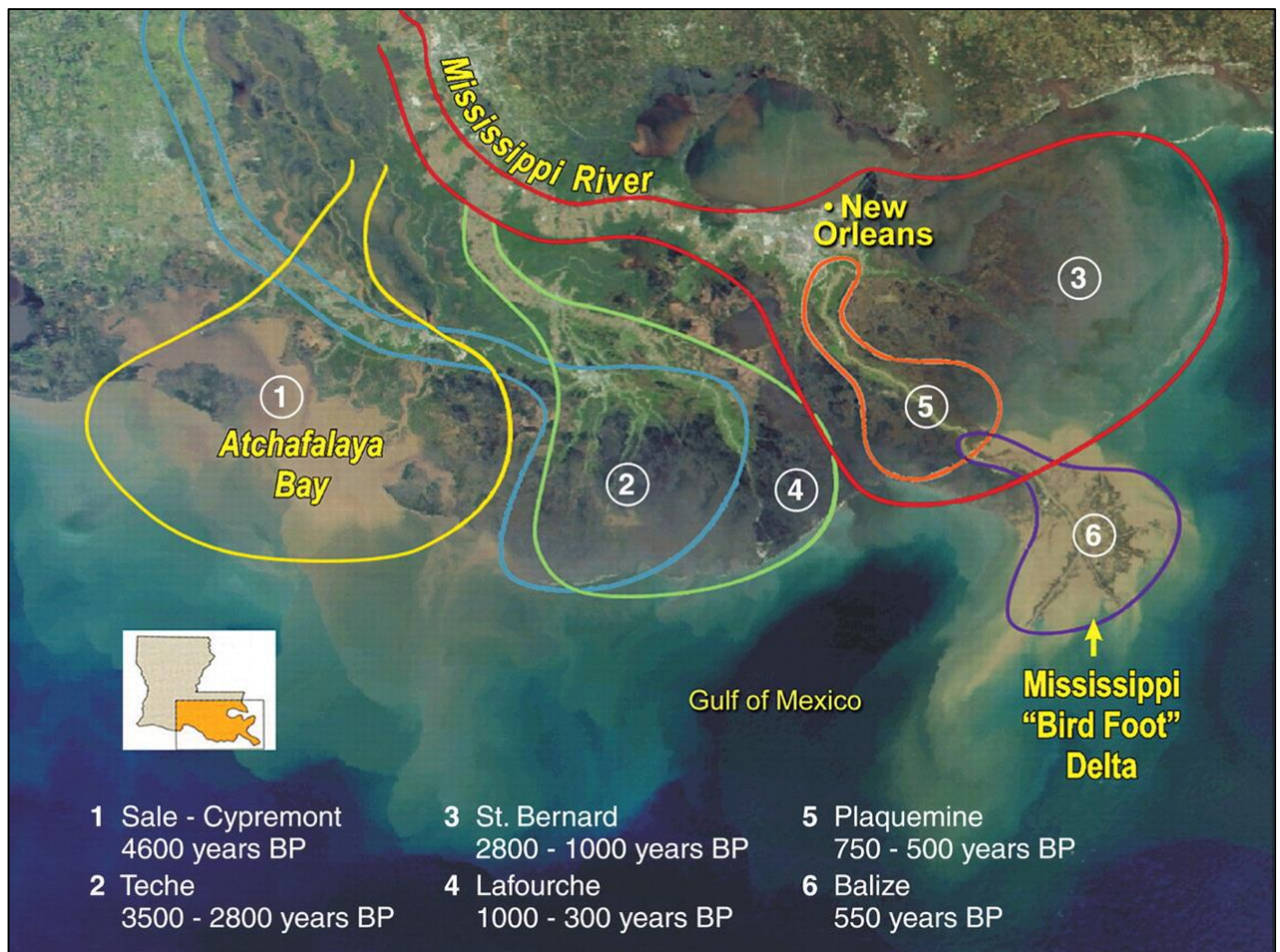
Durante o último período glacial, período em que o nível do mar estava mais baixo que o atual, o vale do Mississippi foi escavado e o rio descarregava toda a sua carga sedimentar diretamente em um *canyon* submarino. Acompanhado do degelo o nível eustático subiu cerca de 115-135 m, como consequência o vale do rio Mississippi começou a ser preenchido pelos seus próprios sedimentos. Os lobos deltaicos só começaram a se formar entre 3.500 e 4.000 anos AP, quando a subida do nível do mar desacelerou (Blum & Roberts, 2009).

Para a conformação dos depósitos quaternários o rio Mississippi ocupou e abandonou diferentes cursos, mas os vários lobos deltaicos foram estabelecidos associados ao presente curso e, conseqüentemente, ao lobo ativo. Estes depósitos consistem em uma sequência com terminações *onlap* progradando sobre sedimentos fluviais e sedimentos da planície costeira, ou seja, areias e cascalhos ou silte e argila com lentes de areia de origem tanto continental quanto marinha servem de substrato para os depósitos Quaternários.

De acordo com Blum & Roberts (2009) o complexo deltaico do rio Mississippi representa uma sucessão de planícies deltaicas associadas a pequenas variações do curso do rio. O

complexo deltaico é formado por cinco lobos deltaicos que foram construídos do meio para o final do Holoceno, além do lobo atual, conhecido pela sua morfologia semelhante ao pé de um pássaro, totalizando seis fases evolutivas (**Figura 3**). O delta atual é classificado, de acordo com Galloway (1975), como um típico delta dominado por rio.

Os diferentes lobos deltaicos intercalam-se a depósitos fluviais, lacustres, palustrinos e marinhos que refletem a dinâmica de migração dos canais ativos do sistema. Com exceção do delta atual, que avança em água profunda no declive do talude continental, cada um dos demais lobos deltaicos foram construídos na porção mais interior e rasa da plataforma continental (Gould, 1970).

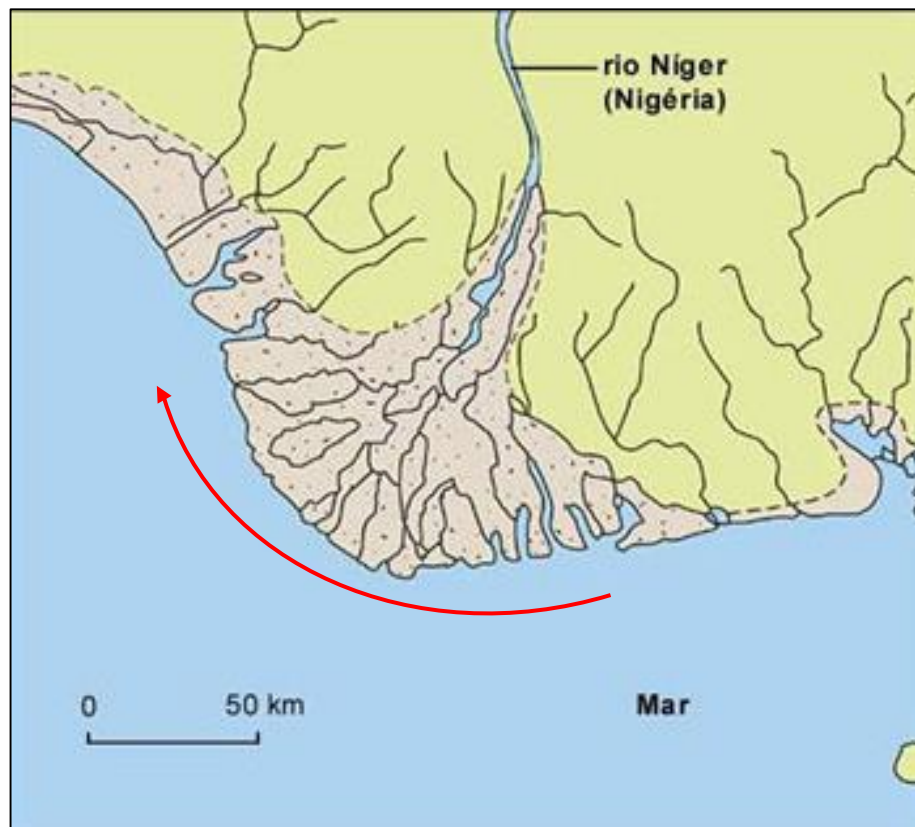


**Figura 3** – Diferentes fases evolutivas associadas a pequenas variações do curso do rio e responsáveis pela formação do complexo deltaico do rio Mississippi (Fonte: Science Magazine).

O complexo deltaico do rio Níger está situado no Golfo da Guiné, costa Oeste do continente africano. Trata-se de um dos maiores complexos deltaicos do mundo com uma planície deltaica de aproximadamente 75.000 km<sup>2</sup> que se estende por mais ou menos 300 km até a foz do rio e apresenta uma espessa sucessão estratigráfica. As atividades exploratórias

foram as grandes responsáveis pelo desenvolvimento dos estudos nesta região, elas promoveram maior acesso as informações de subsuperfície o que favoreceu a caracterização da bacia.

A sedimentação nesta bacia iniciou-se provavelmente no Albiano com a acumulação de sedimentos marinhos da fase *sin-rift*, logo após a abertura do Oceano Atlântico Sul. O desenvolvimento de deltas típicos iniciou-se apenas no final do Paleoceno/ início do Eoceno, quando sedimentos começaram a construir um delta entre blocos de embasamento soerguidos (*horst*) na porção mais ao Norte do delta atual. A partir de então, a planície deltaica passa a progradar cada vez mais para Sul e em direção ao oceano, gradualmente assumindo uma morfologia convexa (Owoyemi, 2004) (**Figura 4**).



**Figura 4** – Imagem ilustrativa da morfologia convexa atual do complexo deltaico do rio Níger. A seta vermelha indica a direção que se deu a evolução do complexo deltaico, sabe-se que no Paleoceno/ Eoceno sedimentos começaram a construir um delta na porção mais ao Norte do delta atual, que evoluiu cada vez mais para Sul (Fonte: Infopédia).

A progradação deltaica ocorreu ao longo de dois eixos principais. O primeiro, mais importante e ainda ativo, é paralelo ao rio do Níger. Já o segundo, menor e menos expressivo que o primeiro, esteve ativo apenas durante o final do Eoceno/ Oligoceno e era perpendicular ao rio (Short & Stauble, 1967).

Todo o complexo deltaico com suas diversas fases evolutivas, suas estruturas e estratigrafia, vem sendo controlada simultaneamente pelas taxas de sedimentação e pela subsidência da bacia. Alguns fatores como variações do nível do mar e variações climáticas no interior do continente exercem controle secundário, já que influenciam na taxa de sedimentação (Doust & Omatsola, 1989).

Devido a construção de deltas associados aos blocos soerguidos do embasamento, o *trend* resultante das falhas do rifteamento é, de grosso modo, paralelo a paleogeografia da frente deltaica em cada estágio evolutivo. Além de exercerem um controle morfológico na construção deltaica os blocos soerguidos estão intimamente relacionados com a fonte sedimentar (Doust & Omatsola, 1989).

A presença de *canyons* submarinos concentra-se nas porções Leste e Oeste do complexo deltaico e exibem tanto registro de períodos de mar baixo quanto períodos dominados por transgressões (marcadas pela presença de depósitos de ondas e marés). Todos estes tratos de sistema formados durante o Oligoceno e o Plioceno exibem o importante papel da variação do nível do mar para a construção e evolução de um complexo deltaico (Chukwu *et al.* 2012).

Alguns trabalhos clássicos no complexo deltaico do Níger como o de Short & Stauble (1967), Avbovbo (1978) e Frankl & Cordry (1967) reconhecem três formações principais, sendo elas: Akata, Adbada e Benin. São três formações diacrônicas que podem ser observadas tanto em superfície quanto em subsuperfície, as mesmas encontram-se interdigitadas e suas fácies são equivalentes ao prodelta, frente deltaica e planície deltaica, respectivamente.

A Formação Akata apresenta idades do Paleoceno, nas porções proximais, até o Recente, na porção *offshore*. Os depósitos mais antigos da Formação Agbada são do Eoceno, concentrados mais ao Norte, e perto da costa os sedimentos estão sendo depositados atualmente concomitante a sedimentação da Formação Benin que começou a se depositar no Oligoceno (Reijers *et al.*, 1996).

As demais formações refletem uma relação entre diferentes ambientes de sedimentação, tais quais marinhos, deltaicos e fluviais, todos responsáveis pela evolução do complexo deltaico do rio Níger (Weber & Daukoru, 1975; Weber, 1986).

## 5. ÁREA DE ESTUDO

### 5.1 Localização e acessos

No litoral norte do Estado do Rio de Janeiro delinea-se o complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (**Figura 1**). Apresenta uma superfície de aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup>, possuindo 120 km de comprimento na direção Norte-Sul e uma largura máxima de 60 km, englobando importantes municípios como Campos de Goytacazes.

Seu acesso pode ser feito através da BR-101 que liga a cidade do Rio de Janeiro ao município de Campos dos Goytacazes (totalizando 275 km de distância), além de uma série de estradas secundárias que ligam os demais municípios e localidades da região. Dentre estas vias secundárias destaca-se a RJ-216 que liga Campos à Farol de São Tomé.

### 5.2 Aspectos fisiográficos

A região do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul enquadra-se no clima tropical. De acordo com a classificação de Köppen o tipo climático que melhor se enquadra é o Aw, ou seja, clima tropical com estação chuvosa no verão. A pluviosidade oscila próximo a média de 1.100 mm com temperatura anual média de 23°C, com médias máximas de 29°C e médias mínimas de 19°C. A umidade relativa do ar assume valores próximos a 80%.

A direção do vento e de incidência de onda podem ter sido um fator de extrema importância para a evolução do complexo deltaico, podendo ter influenciado na localização das feições observadas atualmente. Sabe-se que os ventos dominantes são de ENE e SSE e que a direção de incidência de onda mais frequente está associada a ventos locais de direção NE e E. Ocorrem ondas provenientes dos quadrantes SE, S e SW associadas à frentes frias, estas embora pouco frequentes são as que concentram maior energia (Bastos & Silva, 2000).

Esta ampla planície quaternária é constituída por uma associação de depósitos essencialmente arenosos e exibe solos pouco evoluídos. A presença de solos sem aparente diferenciação de horizontes que aparecem como camadas verticalmente contínuas impede o desenvolvimento de vegetação de grande porte. Predomina uma flora típica de restinga (Vieira *et al.* 1988).

Em relação a hidrografia o complexo deltaico caracteriza-se por ser uma região pouco drenada com lençol freático subaflorante (Ramos, 2000). O principal rio que corta a região é o Paraíba do Sul, sua nascente localiza-se na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, com o nome de rio Piraitinga, recebendo o nome Paraíba do Sul na confluência com o rio Paraibuna, entre a Serra do Mar e a Serra da Bocaina.



Este rio apresenta uma extensão de 1.137 km desde a sua nascente até a foz em Atafona no norte fluminense, onde ocorre a progradação do delta homônimo. Possui uma bacia hidrográfica com aproximadamente 62.074 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (**Figura 5**), sua descarga fluvial varia entre 340 e 1.785 m<sup>3</sup>/s (Bastos & Silva, 2000). Existem no local algumas lagoas, dentre elas a Lagoa Feia que é considerada a maior lagoa de água doce do Brasil.



**Figura 5** – Delimitação da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul englobando os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Fonte: AGEVAP).

### 5.3 Geomorfologia

Martin & Suguio (1989) preocuparam-se em descrever os diferentes compartimentos do relevo e associá-los com as rochas e depósitos sedimentares já identificados na região do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. Em um trabalho de maior detalhe Martin *et al.* (1993) redefiniram as três províncias anteriormente descritas.

As feições geomorfológicas presentes na região ficaram conhecidas por: Região Serrana, Tabuleiros Terciários e Planície Quaternária (**Figura 6**), ainda baseado no tipo de rocha e/ou depósito presente.



**Figura 6** – Mapa de províncias geomorfológicas do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Tomaz, 2005).

A Região Serrana é caracterizada por áreas elevadas, com relevo extremamente irregular e acidentado, assim como áreas de relevo mais suave com morros arredondados. Esta província geomorfológica consiste em uma extensa zona colinosa com topografia uniforme e topos nivelados de baixa amplitude intercalada com alinhamentos serranos escalonados de direção predominante WSW-ENE (CPRM, 2001).

Uma feição topográfica que se destaca na região é o relevo acidentado da Serra do Mar. No Norte fluminense a Serra do Mar perde o seu aspecto de uma barreira montanhosa e passa a adquirir o padrão de um conjunto de cadeias serranas paralelas entre si, com frequentes depósitos de tálus em seu sopé e separadas pelos vales dos principais rios que cortam a região. Os rios apresentam direção predominante semelhante a direção dos alinhamentos serranos, ou seja, WSW-ENE.

A unidade Tabuleiros Terciários desenvolve-se principalmente na porção norte da planície costeira do rio Paraíba do Sul e, com ocorrência restrita, a NW da Lagoa Feia, próximo à região de Quissamã (Martin *et al*, 1993). Na região de Quissamã há uma superfície de

tabuleiros pouco dissecados caracterizados geomorfologicamente por colinas amplas, alongadas e levemente arredondadas com amplitudes de relevo baixas, atingindo cotas que variam de 20 a 50 m (CPRM, 2001).

Nas proximidades de São Francisco de Itabapoana a província Tabuleiros Terciários apresenta características geomorfológicas um pouco distintas. Predomina extensas superfícies tabulares embasadas por sedimentos da Formação Barreiras com cotas variando entre 15 e 80 m. Estas superfícies são pouco dissecadas predominando uma rede de drenagem que converge diretamente para o oceano. Destaca-se a ocorrência de falésias que podem atingir mais de 10 m de altura. (CPRM, 2001).

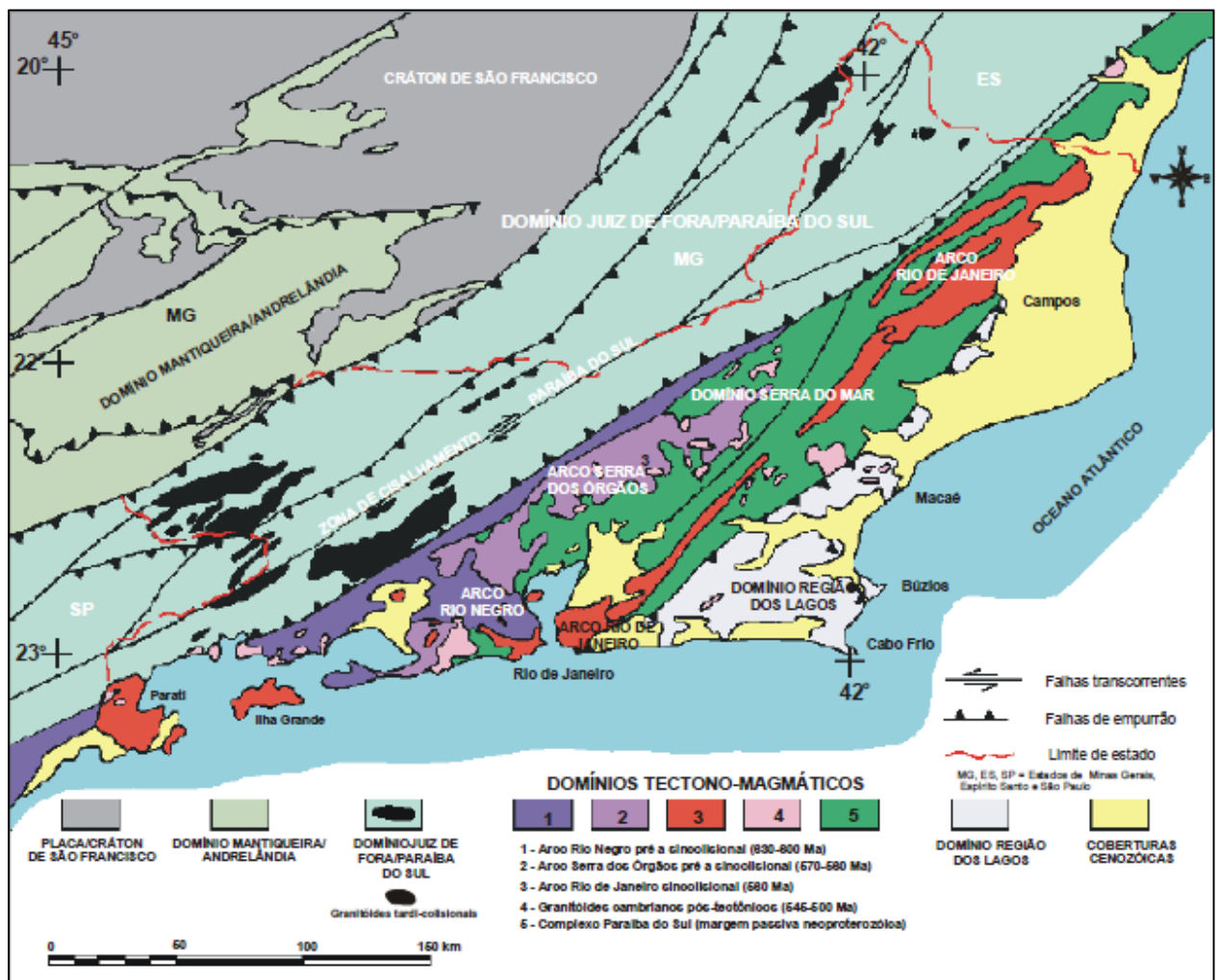
A unidade Planície Quaternária encontra-se em contato direto com os Tabuleiros Terciários e com a Região Serrana. É representada pelos sedimentos quaternários da planície costeira do rio Paraíba do Sul, caracteriza-se como uma região plana com uma leve inclinação em direção ao mar atingindo o máximo de 20 m de altitude (Martin *et al*, 1993).

Na área de estudo o litoral é caracterizado pelo sucessivo empilhamento de cristas de cordões arenosos e, na retaguarda desses cordões, por uma extensa planície flúvio-lagunar. Há duas fases de geração desses cordões arenosos, uma na porção mais ao Sul da área de estudo onde os cordões registram idades pleistocênicas e as baixas altitudes que prevalecem na região sugerem uma subsidência tectônica nesse trecho do litoral; outra na porção Norte da área de estudo, próximo a desembocadura atual do rio Paraíba do Sul, onde uma sequência de cordões arenosos de idade holocênica com altitudes um pouco mais elevadas do que aquelas que prevalecem nos cordões da porção Sul dominam a paisagem.



## 6. CONTEXTO GEOLÓGICO

O Estado do Rio de Janeiro, geotectonicamente contido na Província Mantiqueira, abrange rochas desde o Arqueano até depósitos quaternários representados por terraços arenosos pleistocênicos e holocênicos. Seu arcabouço geotectônico é constituído por três grandes domínios tectono-magmáticos relacionados ao embasamento pré-cambriano, sendo eles: Domínio Juiz de Fora/ Paraíba do Sul; Domínio Serra do Mar e Domínio Região dos Lagos, além das coberturas cenozoicas (CPRM, 2001) (**Figura 7**).



**Figura 7** – Domínios tectono-magmáticos do Estado do Rio de Janeiro e áreas adjacentes (CPRM, 2001).

Estes domínios são constituídos essencialmente por ortognaisses, paragnaisses e rochas metassedimentares como quartzitos e mármore. São rochas de idade paleoproterozoica a arqueana metamorfasadas nas fácies anfibolito ou granulito. O metamorfismo está associado ao

evento colisional Neoproterozoico responsável pela aglutinação do megacontinente Gondwana (CPRM, 2001).

Dentre as coberturas cenozoicas presentes no Estado do Rio de Janeiro destacam-se os depósitos da Formação Barreiras, que ocorrem ao longo do litoral brasileiro desde a região norte até o Estado do Rio de Janeiro onde possui maior expressão na região da planície costeira do rio Paraíba do Sul. Esta formação é constituída por sedimentos argilosos, arenosos e argilo-arenosos inconsolidados.

Martin *et al.* (1993), baseados no modelo de evolução paleogeográfica para as planícies costeiras da margem leste brasileira, admitem que a sedimentação da Formação Barreiras ocorreu no Plioceno, provavelmente sob clima semiárido e sujeito a chuvas torrenciais esporádicas. Esta sedimentação foi interrompida quando o clima passou a ser mais úmido e foi a responsável pelo preenchimento de uma alongada e estreita bacia ao longo da costa leste brasileira.

Assume-se que os sedimentos da Formação Barreiras foram depositados em um ambiente fluvial entrelaçado com variações dentro do modelo deposicional, há associações de fácies indicativas de um modelo fluvial entrelaçado arenoso distal, e outras que exibem um ambiente fluvial entrelaçado dominado por cascalhos. Além do transporte fluvial identifica-se participação importante de fluxos gravitacionais (Morais *et al.* 2006).

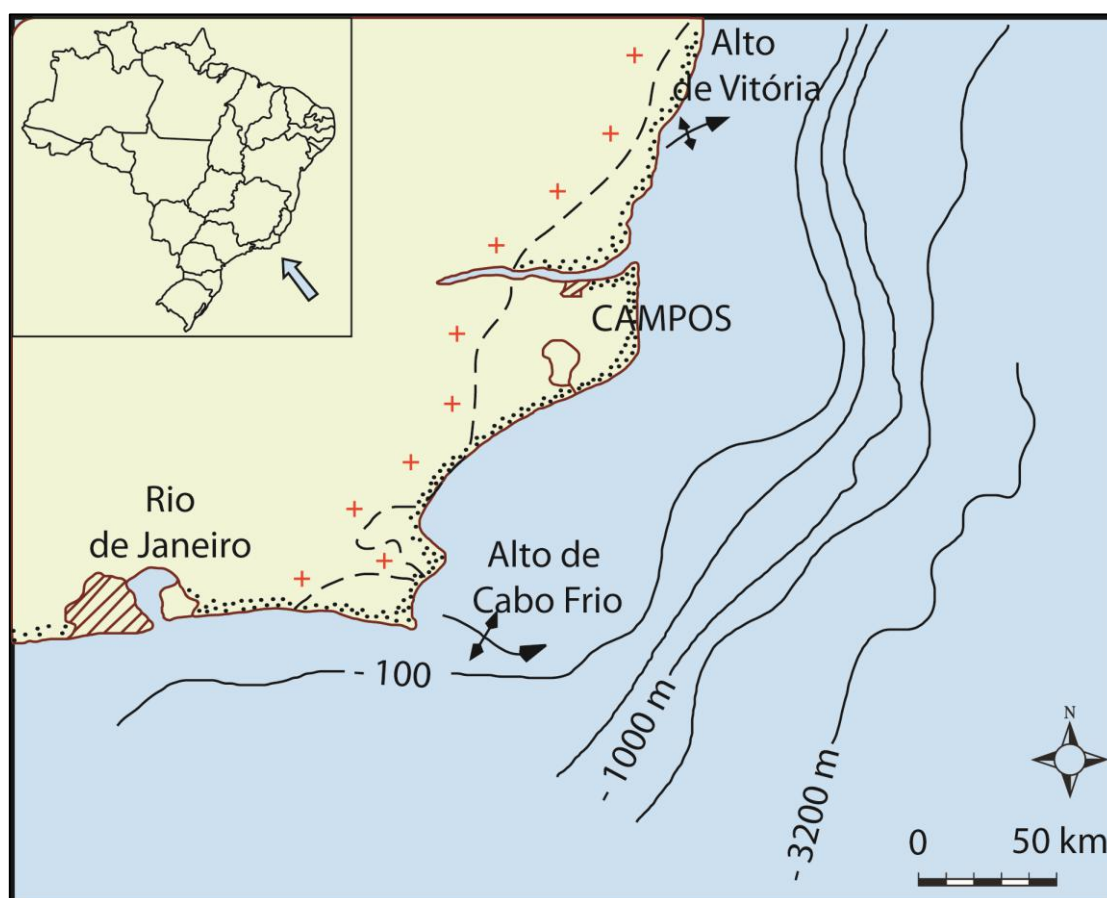
Os três domínios tectono-magmáticos e os depósitos da Formação Barreiras constituem as prováveis áreas fonte dos sedimentos carregados pelo rio Paraíba do Sul. Este material é retrabalhado e, em parte, constitui os depósitos quaternários da planície costeira do rio.

O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul pode ser entendido como um conjunto de ambientes sedimentares recentes relacionados às diversas fases evolutivas do rio Paraíba do Sul. O complexo deltaico é constituído pelos depósitos quaternários da planície costeira do rio homônimo, ou seja, é formado basicamente pelos terraços arenosos pleistocênicos e holocênicos da porção emersa da bacia de Campos.

### **6.1 Bacia de Campos**

A bacia de Campos possui apenas 500 km<sup>2</sup> de área emersa, mas cobre uma área de aproximadamente 100.000 km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 3.400 m na costa dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, entre os paralelos 21° e 23° sul. O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul localiza-se estratigraficamente no topo da bacia de Campos e representa sua evolução mais recente, com sedimentos que datam do Pleistoceno ao Holoceno localizados na sua porção emersa.

A bacia é delimitada a norte e a sul por altos estruturais, seu limite norte corresponde ao Alto de Vitória, que a separa da bacia do Espírito Santo, seu limite sul, com a bacia de Santos, se dá pelo Alto de Cabo Frio. A leste o limite alcança a elevação continental (Platô de São Paulo) a cerca de 3.400 m de profundidade e a Oeste o limite é dado por um sistema de falhas SW-NE que põe os sedimentos em contato com o embasamento cristalino, formado por rochas pré-cambrianas, as quais afloram próximo à cidade de Campos dos Goytacazes (**Figura 8**) (Lopes, 2004).



**Figura 8** – Mapa de localização da bacia de Campos, destacando seus limites estruturais com as bacias de Santos, a sul, pelo Alto de Cabo Frio, e de Espírito Santo, a norte, pelo Alto de Vitória (Moraes, 1989).

A bacia de Campos apresenta grande importância no cenário exploratório nacional, sendo hoje a mais conhecida e mais prolífica das bacias da costa brasileira. São mais de 2.000 poços perfurados ao longo de mais de 30 anos de exploração, as reservas provadas são de mais de 10 bilhões de barris distribuídos em cerca de 60 campos (Grassi *et al*, 2004).

Cerca de 80% da produção petrolífera desta bacia provem de turbiditos, rochas siliciclásticas que funcionam como excelentes rochas reservatório e que podem ter sua origem intimamente associada a evolução do complexo deltaico. Ambientes flúvio-deltaicos são uma

importante fonte de sedimentos para a plataforma e para águas profundas, constituindo-se como uma importante zona de *by-pass* e estocagem de sedimentos.

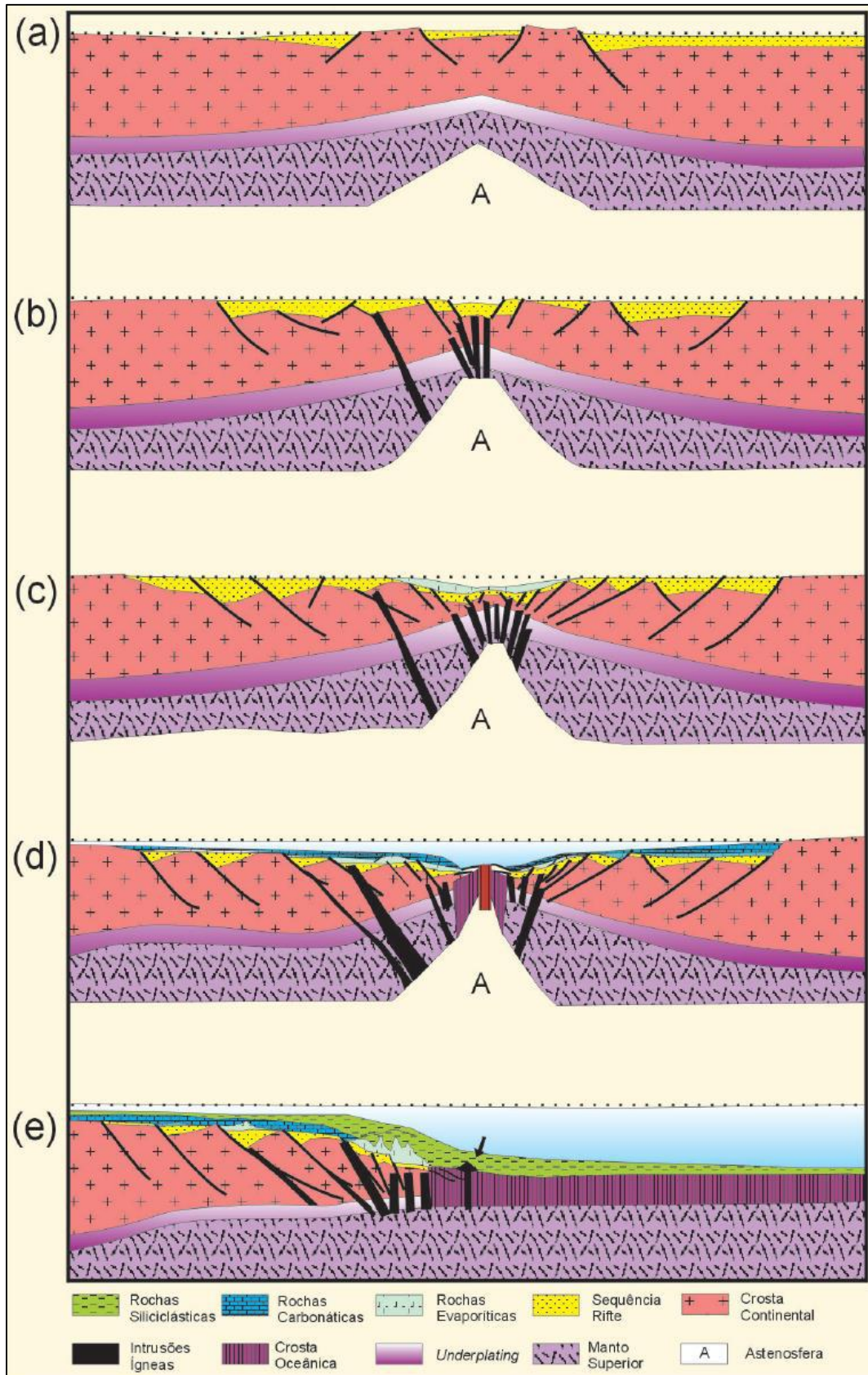
### 6.1.1 Evolução tectono-estratigráfica da bacia de Campos

A bacia de Campos teve seu desenvolvimento relacionado a processos divergentes, em um contexto geológico de evolução do tipo margem passiva, que condicionou o seu arcabouço estrutural e estratigráfico (**Figura 9**). Sua origem e sua história evolutiva inserem-se no contexto tectônico da margem continental brasileira estando associada a uma série de esforços tectônicos distensivos que resultaram na ruptura crustal do megacontinente Gondwana e na abertura do oceano Atlântico Sul.

Grassi *et al*, (2004) destacam em seu trabalho dois estilos estruturais marcantes na bacia. O primeiro deles é caracterizado por uma série de falhamento em blocos, que se relacionam com o rifteamento inicial da separação entre América do Sul e África. Os processos distensivos ocorridos deram origem a um sistema de *rift valleys* paralelos à costa e alongados na direção SW-NE, onde ocorreu o desenvolvimento de *horsts*, *grabens* e *hemi-grabens*, limitados por falhas sintéticas e antitéticas, orientadas preferencialmente segundo aquela direção (Gabaglia, 1991). O outro estilo estrutural marcante na bacia consiste em falhamentos lístricos decorrentes da tectônica salífera na porção superior (Guardado *et al*, 1990).

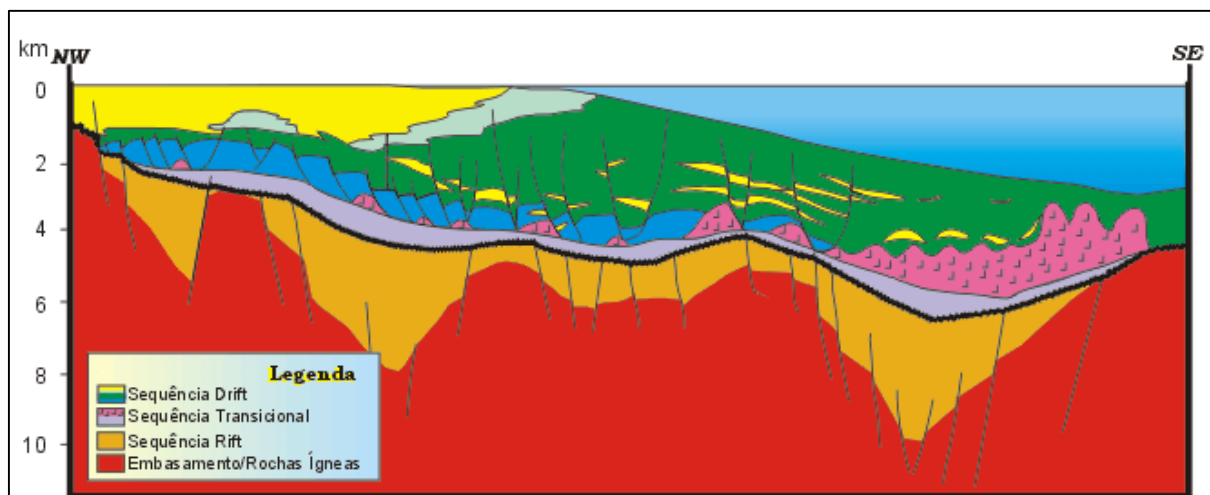
O embasamento cristalino da bacia de Campos é caracterizado por gnaisses de idade pré-cambriana, pertencentes à Faixa Ribeira. O embasamento econômico da bacia é definido pelos basaltos da Formação Cabiúnas depositados na base da sequência sedimentar durante os andares Rio da Serra e Aratu inferior, na fase rifte. Estes basaltos cretáceos cobrem discordantemente o embasamento pré-cambriano (Winter *et al*, 2007).

Em relação ao preenchimento da bacia sabe-se que as serras do Mar e da Mantiqueira foram sua principal área fonte, o soerguimento dessas serras no Paleogeno contribuiu para o maciço aporte sedimentar na bacia durante o Cenozoico. Estima-se que a espessura sedimentar máxima da bacia de Campos varie entre 6.000 e 8.000 m. Sua evolução estratigráfica pode ser dividida dentro das sequências Continental, Transicional e Megasequência Marinha (Grassi *et al*, 2004), que também são descritas como supersequências Rifte, Pós-Rifte e Drifte, respectivamente (**Figura 10**) (Winter *et al*, 2007), reforçando a estreita relação entre processos tectônicos atuantes e sedimentação.



**Figura 9** – Seção esquemática idealizada da evolução tectono-sedimentar de uma margem passiva. (a) e (b) exibem o estágio inicial do rifte, sedimentação continental; (c) fase final de evolução do rifte, sedimentação em ambiente marinho pouco profundo; (d) e (e) ocorre sedimentação da fase de rifte proto-oceânico e da fase de margem passiva, ou seja, marinho pouco profundo, tipo plataforma, a marinho profundo já no estágio drifte (modificado por Mohriak, 2003).





**Figura 10** – Seção geológica esquemática regional da bacia de Campos, com destaque para as sequências rift (ou continental), transicional (ou pós-rifte) e drifte (ou marinha) (modificado de Rangel *et al*, 1998).

Com base na coluna estratigráfica mais recente da bacia de Campos, apresentada por Winter *et al*, (2007) (**Figura 11**), é possível detalhar o arcabouço estratigráfico da bacia, destacando-se a Formação Cabiúnas e os Grupos Lagoa Feia, Macaé e Campos.

- **Supersequência Rift ou Sequência Continental**

Este pacote depositou-se entre o Neocomiano e o Eoaptiano (Winter *et al*, 2007). São as rochas mais antigas da bacia que recobrem e interdigitam-se com basaltos e rochas vulcanoclásticas da Formação Cabiúnas, extrudidas durante as fases iniciais do rifteamento continental. As rochas sedimentares caracterizam ambientes diversos, dentre eles lagos profundos a rasos, salinos ou de água doce, incluindo deltas, planícies e leques aluviais (Grassi *et al*, 2004).

Destaca-se a presença de rochas siliciclásticas e carbonáticas pertencentes ao Grupo Lagoa Feia e as vulcânicas da Formação Cabiúnas, todas formadas em contexto de tectonismo distensional durante a fase de rifteamento.

- **Supersequência Pós-Rifte ou Sequência Transicional**

Esta supersequência corresponde à seção sedimentar disposta discordantemente sobre a sequência de rochas de origem lacustre. Um importante evento erosivo de caráter regional precedeu a deposição destes sedimentos, que representam a passagem de um ambiente deposicional continental para um ambiente marinho.

Houve a deposição da parte superior do Grupo Lagoa Feia. A base desta supersequência exibe um típico padrão progradacional, enquanto a porção superior exibe padrão retrogradacional o que caracteriza uma subida eustática (Winter *et al*, 2007).

Como resultado da incursão restrita de águas marinhas ocorreu, no Neoptiano, a precipitação de uma espessa seção de evaporitos, que representam um estágio tectônico de aquiescência com poucas reativações de falhas do rifte anterior. A atividade halocinética destes evaporitos foi importante no modelamento do substrato das unidades sobrepostas, falhando adiastróficamente estes depósitos em função da carga sedimentar e gerando o basculamento da bacia para leste (Dias *et al*, 1990).

- **Supersequência Drifte ou Megasequência Marinha**

A supersequência em questão compreende os sedimentos marinhos depositados sob um regime de subsidência térmica associada a tectonismo adiastrófico (Winter *et al*, 2007). As condições de subsidência térmica e a elevação eustática do nível do mar propiciaram a formação de uma espessa plataforma carbonática. A intensa atividade halocinética originou falhas de crescimento e um substrato com depressões e calhas adequados para a deposição dos corpos arenosos turbidíticos.

Esta fase de margem passiva é subdividida em quatro sequências, sendo elas: Sequência Carbonática Nerítica, inclui a parte basal do Grupo Macaé que é caracterizada por uma fase inicial de mar raso com sequências carbonáticas que gradam para rochas siliciclásticas de águas profundas ao final do Cretáceo; Sequência Hemipelágica, parte superior do Grupo Macaé que representa um aprofundamento geral da coluna d'água da bacia; e as Sequências Transgressiva e Progradante, representadas pelo Grupo Campos que recobre discordantemente o Grupo Macaé (Grassi *et al*, 2004).

A Sequência Transgressiva representa um longo período de subida relativa do nível do mar, enquanto a Sequência Progradante representa os sedimentos clásticos progradantes depositados entre o Paleoceno e o Holoceno (Grassi *et al*, 2004). O Grupo Campos representa o preenchimento desta bacia marginal durante a fase final de subsidência térmica e basculamento do substrato para leste.





## 6.2 Depósitos quaternários da planície costeira do rio Paraíba do Sul

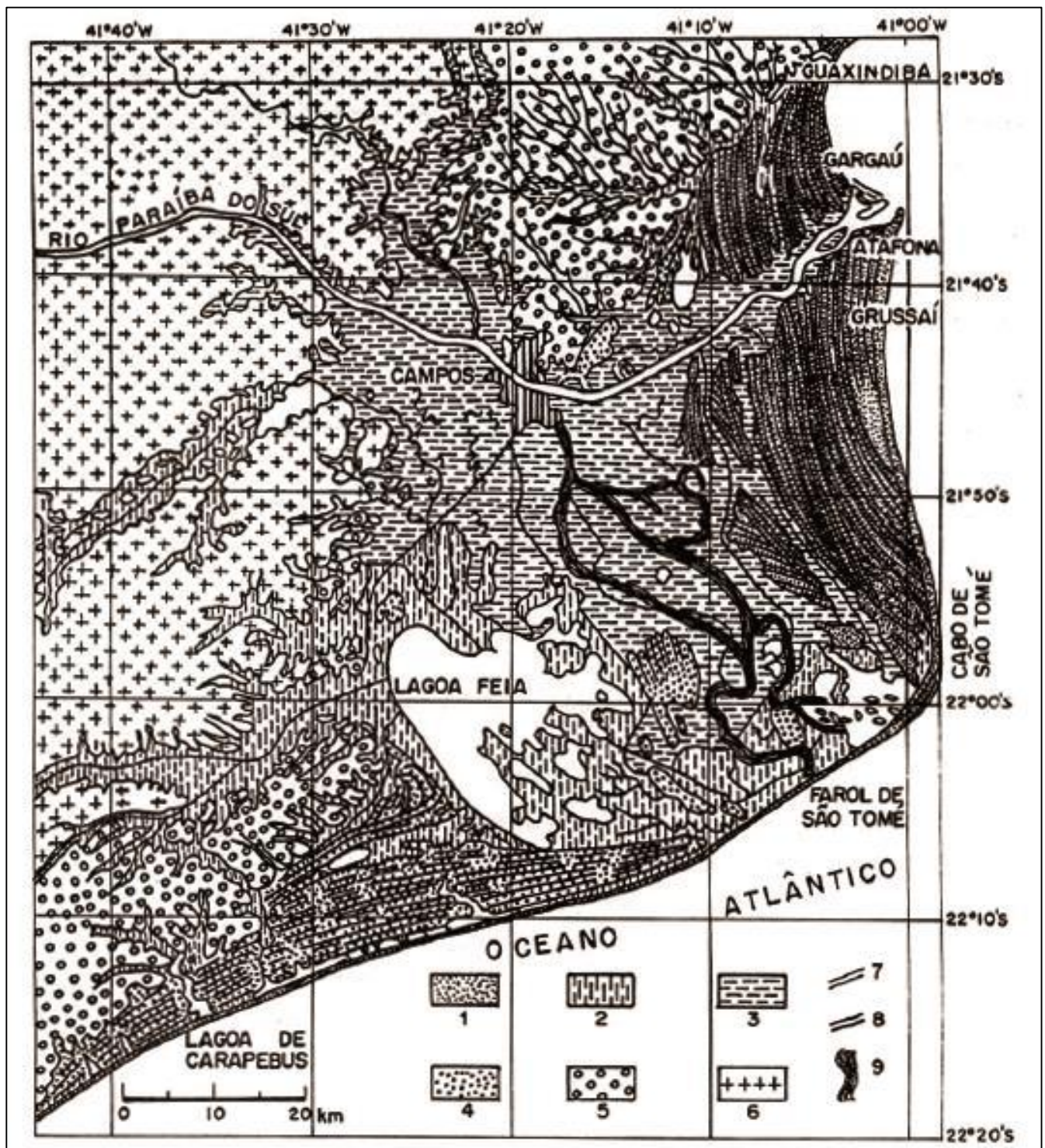
O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul engloba os sedimentos quaternários da planície costeira do rio homônimo. Como já mencionado, um complexo deltaico pode ser entendido como um conjunto de subambientes associados as diferentes fases de migração do rio e está intimamente associados a evolução do delta (**Figura 12**). Estes subambiente são reconhecidos no registro geológico e auxiliam na elaboração de um modelo evolutivo para a região.



**Figura 12** – Imagem de satélite, escala aproximada 1:50.000, onde se destaca o embasamento pré-cambriano e o complexo deltaico do rio Paraíba do Sul com seus subambientes. (1) Formação Barreiras – Plioceno; (2) Terraços arenosos pleistocênicos da primeira fase de deltação do rio Paraíba do Sul; (3) Lagoa Feia, como remanescente do sistema lagunar instalado na transgressão de 5.100 anos; (4) Sedimentos fluviais holocênicos da região dos paleocanais e (5) Terraços arenosos holocênicos da atual fase de deltação do rio Paraíba do Sul (Fonte: Google Earth).



De acordo com Martin *et al*, (1997), a planície costeira do rio Paraíba do Sul é constituída essencialmente por sedimentos marinhos, mais especificamente por terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, havendo ainda depósitos lagunares e fluviais (**Figura 13**).



**Figura 13** – Mapa geológico esquemático da planície costeira do rio Paraíba do Sul. (1) Terraço marinho holocênico; (2) Sedimentos lagunares; (3) Sedimentos fluviais (delta intralagunar); (4) Terraço pleistocênico; (5) Sedimentos continentais pliocênicos (Formação Barreiras); (6) Embasamento cristalino pré-cambriano; (7) Alinhamentos de cristas praias holocênicas; (8) Alinhamentos de cristas praias pleistocênicas e (9) paleocanais fluviais (Martin *et al*, 1993).

- **Depósitos de terraços arenosos marinhos**

Segundo Martin *et al*, (1997) os terraços pleistocênicos tem origem marinha rasa assegurada pela assembleia fossilífera e pelas estruturas sedimentares, tais como estratificação cruzada de baixo ângulo e espinha de peixe. São representados por sedimentos arenosos superficialmente brancos e comumente acastanhados em profundidade, o que é atribuído à impregnação com ácido húmico.

Os terraços pleistocênicos, de cerca de 120.000 anos, marcam uma fase de construção deltaica do rio Paraíba do Sul. Possuem maior expressão na parte sul da desembocadura do rio, próximo à região da Lagoa Feia onde há um conjunto de cordões arenosos de praia à SW de São Tomé.

Os terraços marinhos holocênicos também são constituídos por sedimentos arenosos que podem conter grandes quantidades de conchas e não são impregnados por ácidos húmicos. Estes terraços exibem um alinhamento de cristas praias bastante contínuo e pouco espaçado e representam a progradação atual do delta (Martin *et al*, 1997).

Os terraços holocênicos são mais expressivos nas adjacências da atual desembocadura do rio Paraíba do Sul, estendendo-se para sul até a região do Cabo de São Tomé e para norte os cordões atingem as proximidades de São Francisco de Itabapoana.

Em ambos os terraços observa-se uma expressiva orientação das cristas de praia, apresentando discordâncias nesses alinhamentos. De acordo com Dias (1981), as discordâncias representam hiatos na deposição deltaica, associados a períodos erosivos. Contudo, Martin *et al*, (1984) assumiram que o bloqueio do transporte litorâneo pelo fluxo fluvial e variações relativas do nível do mar teriam dado origem a essas discordâncias.

- **Depósitos lagunares**

Possuem maior expressão na parte central da planície costeira do rio Paraíba do Sul e caracterizam-se por sedimentos sílticos e/ou areno-argilosos ricos em matéria orgânica, podendo conter grande quantidade de conchas de moluscos de ambientes lagunares.

Conforme expõem Martin *et al*, (1997) no nível de máximo de 5.100 anos o litoral foi invadido pelo mar formando sistemas lagunares. Após 5.100 anos como consequência do abaixamento do nível relativo do mar, essas lagunas tenderam a ressecção ao mesmo tempo que eram colmatadas e substituídas por áreas pantanosas. As subidas do nível marinho, que ocorreram entre 3.900 – 3.600 e 2.800 – 2.500 anos, foram as responsáveis pela formação de lagunas entre os terraços arenosos holocênicos depositados durante o abaixamento do nível marinho.

- **Depósitos fluviais**

Assim como os depósitos lagunares, os sedimentos fluviais possuem maior expressão na porção central do complexo deltaico. Caracterizam-se por sedimentos argilo-arenosos e arenosos, que repousam sobre os sedimentos paleolagunares.

Este tipo de depósito é preferencialmente encontrado entre o município de Campos dos Goytacazes e a região do Cabo de São Tomé, são sedimentos intimamente associados a deltas intralagunares, deltas dominados por processos fluviais e paleocanais fluviais.

- **Depósitos de mangue**

Este tipo de depósito possui ocorrência bastante restrita, ocorre principalmente em fundos de baías, em bordas de canais de maré e em porções inferiores de vales fluviais. São caracterizados por sedimentos pelíticos, localmente arenosos e quase sempre ricos em matéria orgânica, podendo conter fitoclastos e bioclastos (representados quase que exclusivamente por conchas de moluscos).

- **Depósitos de turfa**

Acredita-se estes depósitos formaram-se devido a tendência de ressecção ocorrida pelo abaixamento do nível relativo do mar após 5.100 anos, possivelmente, as lagunas transformaram-se em pântanos convenientes à formação de turfeiras. A espessura reduzida desses depósitos é atribuída a falta de movimentos crustais verticais, favoráveis ao espessamento dos mesmos.

## 7. MODELOS EVOLUTIVOS PROPOSTOS PARA O COMPLEXO DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul vem sendo alvo de diversos estudos desde o começo das descobertas *offshore* de petróleo, existindo sempre a preocupação em discorrer a respeito da evolução desta ampla planície de idade Quaternária. O pioneiro neste tipo de discussão foi Lamego (1955), desde então, diversos autores propuseram diferentes modelos evolutivos para esta localidade. Vale ressaltar que, atualmente, nenhum dos modelos é considerado fidedigno devido à ausência de dados de subsuperfície e, conseqüentemente, a falta de correlação entre dados de subsuperfície e feições geomorfológicas de superfície.

Lamego (1955) utilizando-se de representações cartográficas e de fotografias aéreas foi capaz de detectar as feições sedimentológicas superficiais e a partir delas admitiu a existência de quatro fases principais de construção deltaica (**Figura 14**). Assumiu-se que cada estágio refere-se a um tipo de delta instalado durante um período de variação do nível do mar.

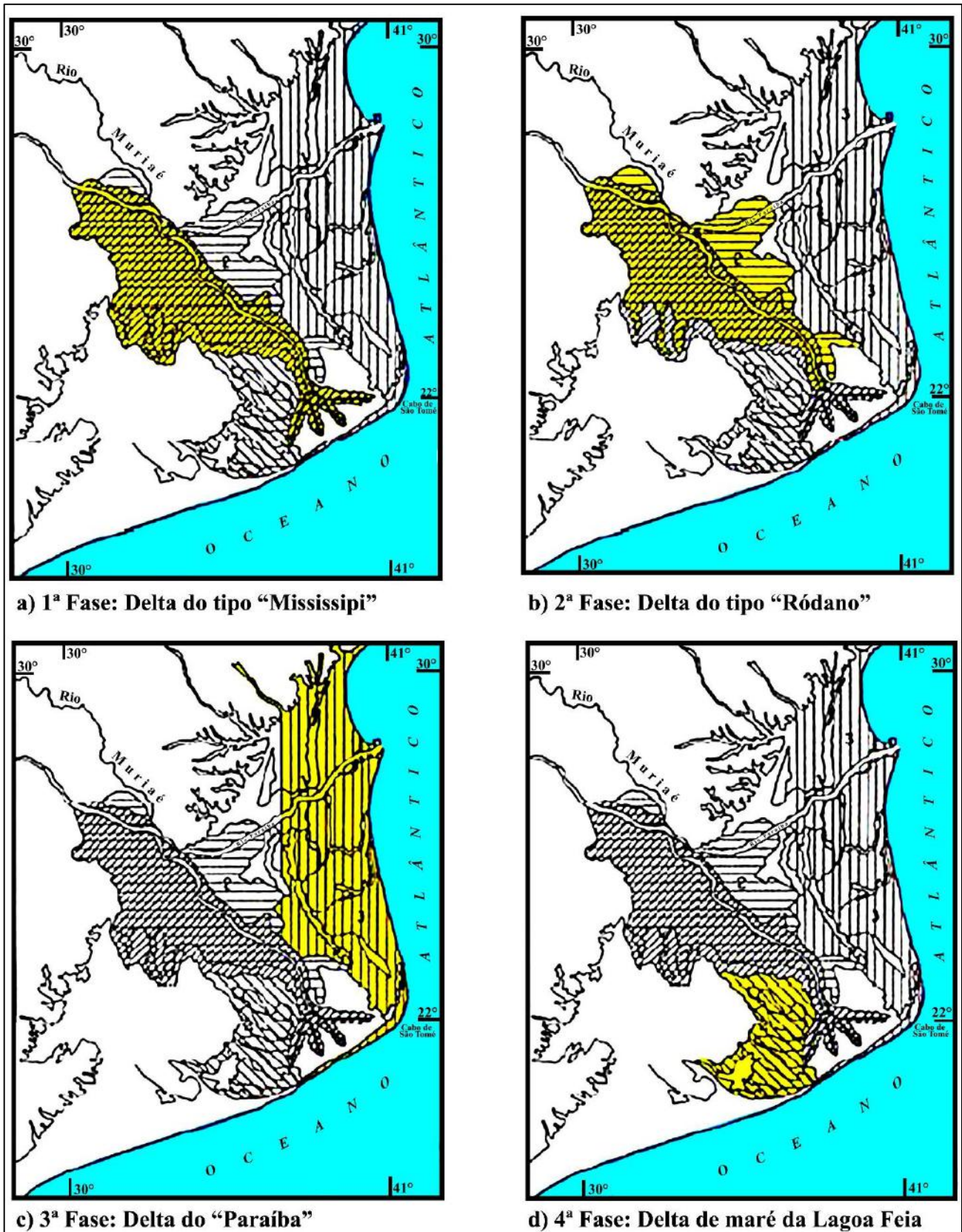
Para este autor, no início do Holoceno o rio Paraíba do Sul orientou-se para sudeste onde formou um estreito delta com características semelhantes às do delta do Mississippi (Figura 14a). A segunda fase de construção deltaica está intimamente associada ao começo da formação do novo leito do rio Paraíba do Sul. O delta teria suas características modificadas, passando para um delta do tipo Ródano (Figura 14b). O antigo delta foi sendo soterrado nos períodos de enchente, o que era facilitado pela existência de um canal principal e vários distributários.

O autor destaca, ainda na segunda fase, a presença de deltas, associados aos distributários, com características semelhantes ao delta do tipo Mississippi. São pequenos lobos deltaicos com projeções secundárias formados à margem da Lagoa Feia e, também, em Santo Amaro, onde os novos aluviões recobrem o primitivo delta.

A fase posterior seria marcada por uma ampla sedimentação marinha que teria originado uma planície de restingas. Havia um predomínio dos processos marinhos sobre os fluviais, depositando apenas pequenos aluviões entre as restingas. Lamego (1955) destaca que nas duas primeiras fases de sedimentação deltaica o rio penetrava livremente pelo mar, formando deltas típicos, e que no presente caso identifica-se uma estrutura deltaica, dando ênfase ao avanço do



curso do rio pelos depósitos marinhos bilaterais ao rio, por isso o autor propôs a criação de uma nova nomenclatura e passou a chama-lo de delta do tipo “Paraíba” (Figura 14c).



**Figura 14** – Diferentes fases de deltação do rio Paraíba do Sul propostas por Lamego (1955) (modificado de Lamego, 1955 *apud* Tomaz, 2005).

Posteriormente à progradação do delta do tipo “Paraíba”, Lamego (1955) individualizou uma fase caracterizada pela atuação de correntes costeiras e ação de ondas que levaram a formação de restingas a SW do Cabo de São Tomé. Esta sedimentação seria a responsável pelo fechamento da baía ali presente e formação da Lagoa Feia. De acordo com o autor a formação da Lagoa Feia deu origem ao delta de maré que posteriormente foi recoberto por aluviões (Figura 14d).

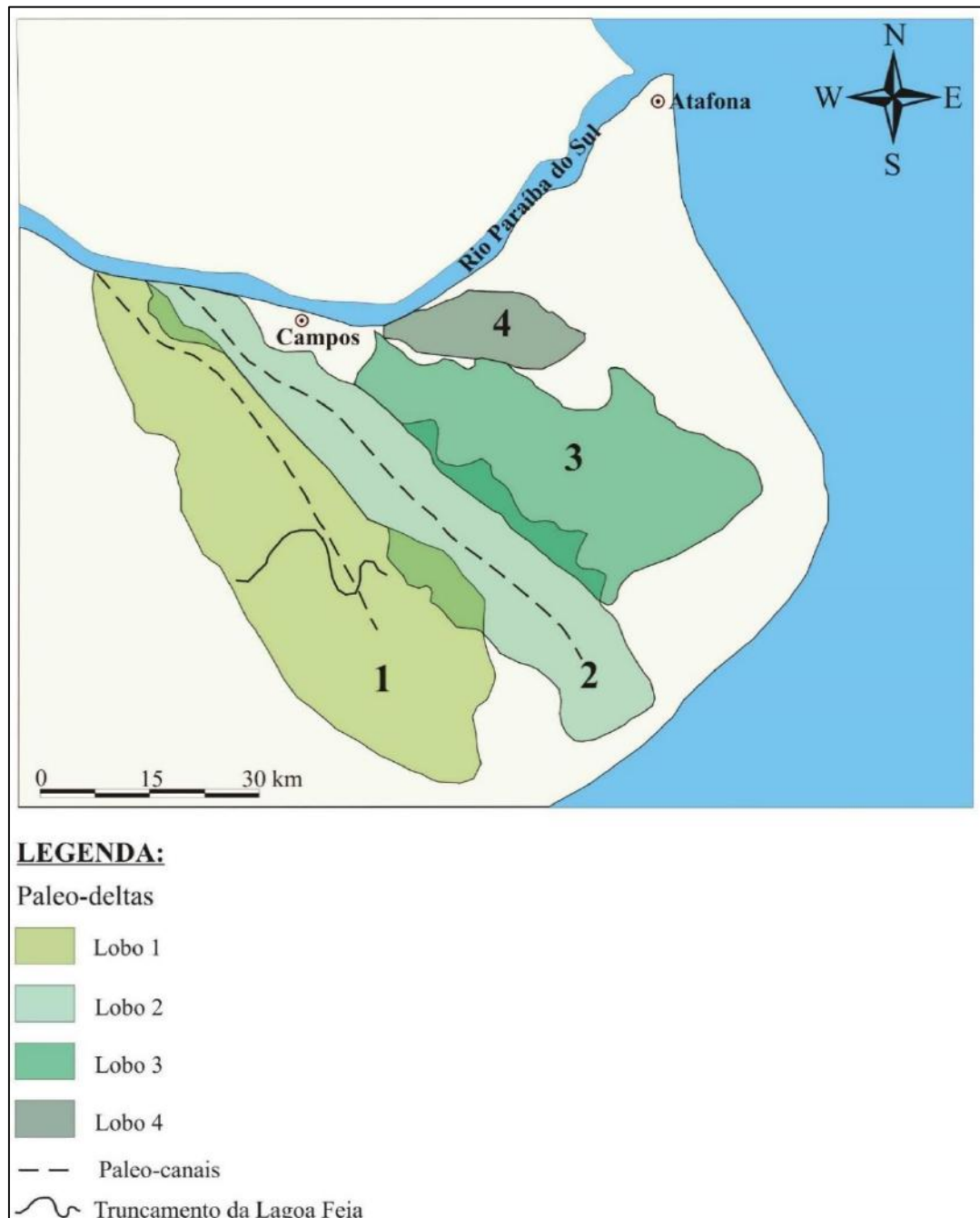
A hipótese da existência de um delta com características semelhantes às do delta do Mississippi foi um dos alvos de crítica ao trabalho de Lamego (1955) e posteriormente descartada. Martin *et al*, (1984), Silva (1987), dentre outros, consideraram o modelo de Lamego (1955) bastante improvável já que um delta do “tipo” Mississippi não poderia se desenvolver nesta região devido ao regime de ondas de alta energia atuante nesta porção do litoral brasileiro.

Bacoccoli (1971) classificou a planície atual adjacente à desembocadura do rio Paraíba do Sul como um delta altamente destrutivo, sendo um clássico delta dominado por ondas, correspondendo ao que Lamego (1955) denominou de delta do “tipo” Paraíba (Figura 14c). Este autor afirma que a altura média das ondas no litoral equivale ao dobro da altura das ondas no Golfo do México e no Mediterrâneo, onde se projetam dois deltas construtivos, dominados por rio: o do Mississippi e o do Nilo.

Autores como Dominguez *et al*, (1983), Martin *et al*, (1987; 1997), Dominguez (1990), contestaram a classificação do delta do rio Paraíba do Sul como sendo um típico delta dominado por ondas sob a justificativa de que este modelo despreza ou dá pouca importância ao papel desempenhado pela deriva litorânea e pela variação do nível do mar na construção da planície costeira. Estes autores consideram ainda o papel desempenhado pelo rio Paraíba do Sul no transporte de sedimentos.

Martin *et al*, (1987) afirmam que um clássico delta dominado por ondas só ocorrem quando as frentes de ondas incidem paralelamente à linha de praia, e somente neste caso, os sedimentos transportados pelos cursos fluviais serão retrabalhados e depositados em ambos os lados da foz para formar um delta altamente destrutivo dominado por ondas. Isto não é o que acontece no delta do rio Paraíba do Sul onde as frentes de onda são oblíquas às praias, o que fica evidenciado tanto pela assimetria entre as porções Norte e Sul da planície costeira quanto pelos diferentes mecanismos responsáveis pela progradação da linha de costa em ambos os lados da desembocadura do rio.

Argento (1979), realizou um estudo geomorfológico na região e identificou quatro lobos deltaicos subatuais nas proximidades de Lagoa Feia (**Figura 15**), além do lobo atual do rio Paraíba do Sul. De acordo com o autor o lobo mais antigo encontra-se truncado pela Lagoa Feia, enquanto que os demais lobos deltaicos encontram-se pouco retrabalhados evidenciando que são mais novos que a Lagoa Feia.



**Figura 15** – Lobos subatuais do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Argento, 1982 *apud* Tomaz, 2005).

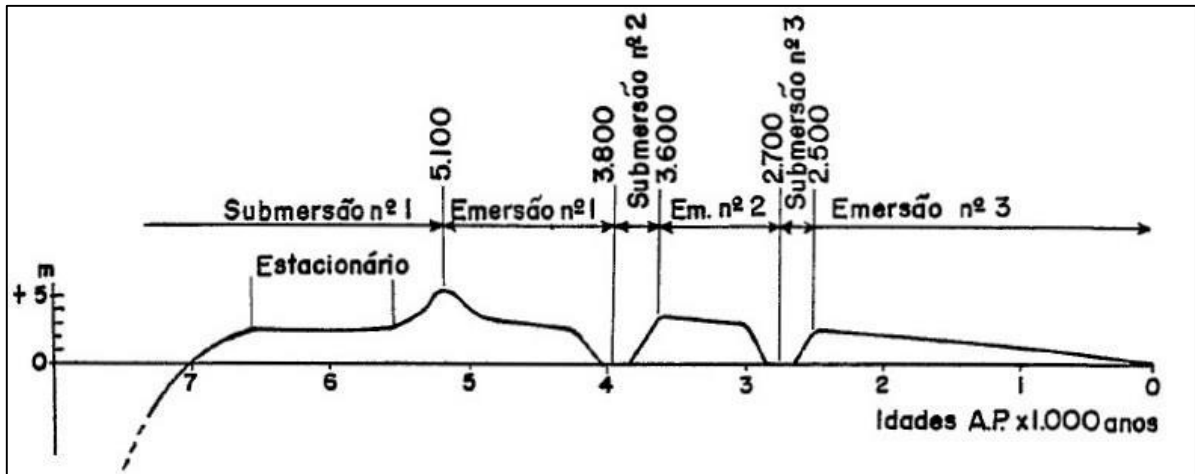


Martin *et al*, (1984) após uma série de estudos geológicos de detalhe que envolveu, dentre outras atividades, datações por radiocarbono, individualizaram quatro fases evolutivas para a região enfatizando a influência exercida pela variação do nível do mar.

- A primeira fase representa um período de nível do mar elevado, cerca de 8 +/- 2 m acima do atual, que ocorreu há aproximadamente de 120.000 anos AP. Corresponde ao máximo da penúltima transgressão em que todos os vales entalhados na Formação Barreiras e nas rochas do embasamento Pré-Cambriano foram invadidos pelo mar, além do desenvolvimento de numerosas lagunas. Esta fase é marcada por uma linha falésias entalhada nos sedimentos da Formação Barreiras.
- A segunda fase, após 120.000 anos AP, é marcada pela descida do nível do mar e construção de terraços arenosos recobertos por cordões litorâneos. A medida que ocorria o abaixamento do nível relativo do mar instalava-se uma rede de drenagem sobre a planície costeira escavando vales talvez profundos.
- A terceira fase é caracterizada pela retomada da subida do nível relativo do mar, a partir de 18.000 anos AP, o que resultou na destruição da maior parte da planície costeira pleistocênica. A partir de 7.000 anos AP, iniciou-se a construção da planície costeira holocênica através do assoreamento de uma paleolaguna separada do mar aberto por ilhas-barreira.
- A quarta fase é marcada por três períodos de emersão e dois de submersão (**Figura 16**). Iniciou-se a partir de 5.100 anos AP com o abaixamento do nível relativo do mar que foi acompanhado pela transferência de areias da plataforma continental para a praia, estas areias foram retrabalhadas pelas correntes de deriva litorânea e contribuíram na construção dos terraços arenosos holocênicos.

Associado ao rebaixamento do nível do mar, o grande influxo de sedimentos fluviais para dentro da paleolaguna teria construído um grande delta e contribuído para o processo de assoreamento da mesma, deixando apenas a Lagoa Feia como resquício. Acredita-se que, graças ao fechamento parcial da paleolaguna, antes de 4.400 anos AP um braço do rio Paraíba do Sul já atingisse o mar aberto.

Já com a desembocadura atual do Paraíba do Sul houveram dois períodos de submersão acelerada ocorridos entre 3.800 e 3.600 anos AP e entre 2.700 e 2.500 anos AP, que provocaram uma descontinuidade na construção dos terraços holocênicos.

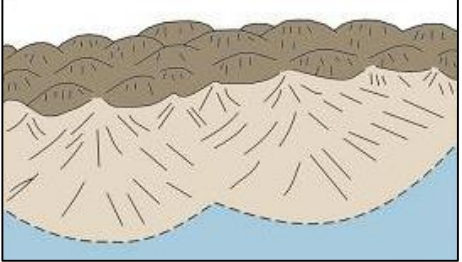
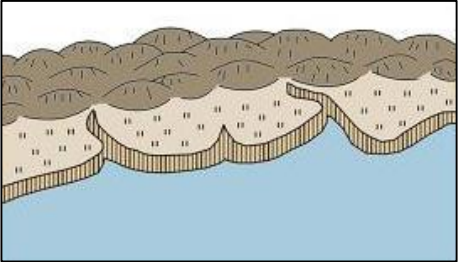
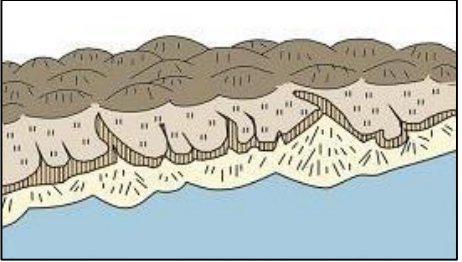
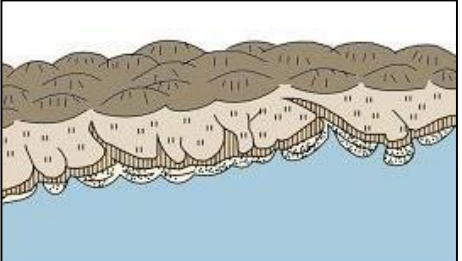


**Figura 16** – Curva de variação do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos, exemplo do Norte de Salvador, BA (Martin *et al*, 1984).

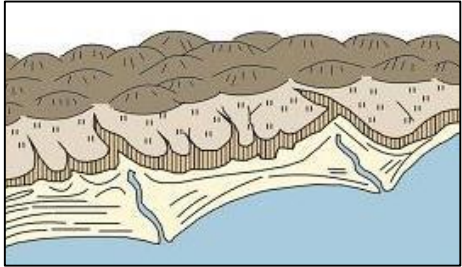
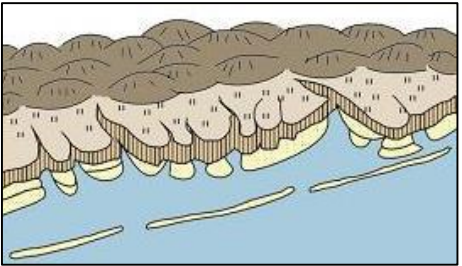
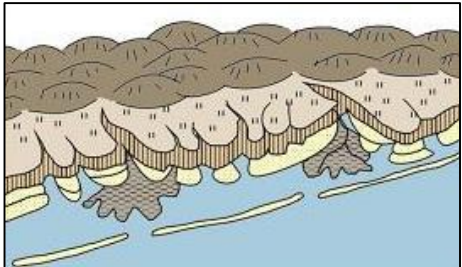
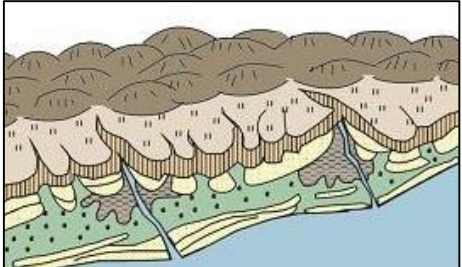
Martin *et al*, (1993), baseados em fotointerpretações, trabalhos de campo e numerosas datações por radiocarbono, mapearam sistematicamente e reconstruíram com precisão as etapas sucessivas da evolução geológica, durante o Cenozoico, das planícies costeiras situadas nas desembocaduras de seis importantes rios brasileiros, dentre eles o Paraíba do Sul.

O modelo proposto baseia-se na importância das flutuações do nível relativo do mar na evolução das planícies costeiras brasileiras, assim como colocado por Martin *et al*, (1984), mas, desta vez, os autores utilizam-se de evidências sedimentológicas, biológicas e arqueológicas para fundamentar seu modelo e propõem oito etapas evolutivas que seriam capazes de explicar genericamente a evolução do litoral brasileiro (**Quadros Ia e Ib**).

**Quadro Ia** – Esquema evolutivo da sedimentação litorânea dada por mecanismos eustáticos e paleogeográficos, proposto por Martin *et al*, (1993) para as planícies costeiras ao longo do litoral brasileiro situado entre Macaé (RJ) e Maceió (AL).

| Estágios evolutivos | Características paleogeográfica e paleoclimáticas   | Idade           | Esquema evolutivo   |
|---------------------|---|-----------------|---|
| Primeiro estágio    | Deposição dos sedimentos da Formação Barreiras, em clima semiárido, com chuvas esporádicas e torrenciais, e nível do mar abaixo do atual. Amplas faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas do embasamento teriam se formado.  | Plioceno        |    |
| Segundo estágio     | Clima torna-se mais úmido e causa a interrupção da deposição dos sedimentos da Formação Barreiras. Ocorre uma subida do nível relativo do mar que é responsável pela erosão parcial da porção externa da Formação Barreiras formando uma linha de falésias.                           | Pleistoceno     |   |
| Terceiro Estágio    | Instalação de uma fase regressiva, subsequente ao máximo da transgressão, em que o clima retornou ao semiárido levando à sedimentação de novos depósitos continentais, constituídos de leques aluviais coalescentes no sopé das falésias da Formação Barreiras.                       | Pleistoceno     |  |
| Quarto Estágio      | Corresponde ao máximo da penúltima transgressão marinha. O mar erodiu total ou parcialmente os depósitos da fase anterior. Após a erosão as ondas retrabalhavam as linhas de falésia originadas no segundo estágio. O afogamento dos vales fluviais deu origem à estuários e lagunas. | 123.000 anos AP |  |

**Quadro Ib** – Esquema evolutivo da sedimentação litorânea dada por mecanismos eustáticos e paleogeográficos, proposto por Martin *et al*, (1993) para as planícies costeiras ao longo do litoral brasileiro situado entre Macaé (RJ) e Maceió (AL). (*continuação*)

| Estágios evolutivos | Características paleogeográfica e paleoclimáticas   | Idade                 | Esquema evolutivo   |
|---------------------|---|-----------------------|---|
| Quinto estágio      | Fase regressiva que se seguiu à penúltima transgressão. Foram construídos terraços arenosos pleistocênicos formados por cristas praias progradantes.  | Último glacial (?)    |    |
| Sexto estágio       | Corresponde ao máximo na última transgressão marinha quando o mar erodiu total ou parcialmente os terraços pleistocênicos. O relevo dissecado assim como os terrenos pleistocênicos e os sedimentos da Formação Barreiras foram invadidos pelo mar, permitindo o desenvolvimento de sistemas lagunares.             | 7.000 a 5.100 anos AP |   |
| Sétimo estágio      | As lagunas da fase anterior foram assoreadas pelo desenvolvimento de deltas intralagunares. Concomitantemente a laguna foi passando a lago de água doce, em muitos casos, o assoreamento completo levou ao desenvolvimento de pântanos e turfeiras.   | >5.100 anos AP        |  |
| Oitavo estágio      | O abaixamento do nível relativo do mar, que se seguiu ao máximo transgressivo de 5.100 anos AP, culminou com a formação de terraços marinhos holocênicos a partir de ilhas-barreiras originais. Este período regressivo auxiliou no processo de assoreamento das paleolagunas, transformando-as em lagos ou lagoas. | >5.100 anos AP        |  |

Martin *et al*, (1997) focaram seu estudo no litoral do Espírito Santo e na metade Norte do litoral do Rio de Janeiro. Os autores afirmam que as flutuações do nível relativo do mar, associadas a modificações paleoclimáticas, foram as principais causas para a formação das planícies litorâneas brasileiras, tendo sido o modelo evolutivo mais completo idealizado para o trecho do litoral entre Macaé (RJ) e Maceió (AL) por Martin *et al*, (1993). Martin *et al*, (1997) assumem que o modelo de Martin *et al*, (1993) é perfeitamente válido para o complexo deltaico do rio Paraíba do Sul até o sexto estágio evolutivo.

A partir da sexta fase do modelo proposto para as planícies da margem leste brasileira, Martin *et al*, (1997) detalharam a evolução holocênica da planície costeira do rio Paraíba do Sul. Assume-se que a progradação destes depósitos realizou-se sob regime de ondas de alta energia provenientes do setor Sul, contudo as discordâncias bem marcadas nos alinhamentos das antigas cristas de praias evidenciam a existência de fases construtivas e erosivas, resultantes das variações do nível relativo do mar e/ou de modificações no sentido das correntes de deriva litorânea.

Martin *et al*, (1997), fundamentados em um grande número de datações por radiocarbono, assumiram que o início da evolução holocênica na planície costeira do rio Paraíba do Sul caracterizou-se pela instalação de um sistema lagunar há cerca de 7.000 anos AP. Há 5.100 anos AP, momento máximo da transgressão marinha, um conjunto de ilhas-barreiras formavam uma grande reentrância ao norte do cabo de São Tomé, essa reentrância funcionaria, mais tarde, como uma armadilha sedimentar para as areias transportadas pela deriva litorânea (**Figura 17**).

A partir do momento em que a paleolaguna foi formada o rio Paraíba do Sul, que não alcançava diretamente o mar, iniciou a construção de um delta intralagunar. Ainda sob condições de nível do mar alto, o rio foi o principal responsável pela colmatação da paleolaguna. O aporte de sedimentos fluviais associado a acumulação de sedimentos arenosos marinhos ao norte do cabo de São Tomé promoveram, com bastante eficiência, a colmatação parcial da paleolaguna (**Figura 18**). Antes mesmo do brusco abaixamento do nível relativo do mar, em cerca de 4.200 anos AP, um braço do rio Paraíba do Sul já atingia o mar (**Figura 19**), enquanto os demais continuavam desaguando na paleolaguna.

A primeira fase de erosão, correspondente ao período 5.100 – 4.200 anos AP, está relacionada a inflexão da desembocadura do Paraíba do Sul para o sul, o que teria gerado uma modificação no sentido das ondas. O reinício da progradação ocorreu com a presença de ondas eficazes do setor Sul capazes de deslocar a desembocadura fluvial, nos períodos de baixa energia de fluxo, para Norte. Esta primeira fase erosiva/ construtiva colocada por Martin *et al*, (1997) explicam o porquê de os autores assumirem que as modificações nas condições

hidrodinâmicas da bacia oceânica, não apenas as variações relativas do nível do mar, controlam a ocorrência de fases construtivas e erosivas gerando discordâncias nos alinhamentos das cristas praias.

A segunda fase de erosão está associada não só à mudança no regime de ondas mas também à subida do nível relativo do mar ocorrida entre 3.900 e 3.600 anos AP. Antes de 3.900 anos AP teria ocorrido uma inversão no sentido de atuação das ondas, esta inversão provocaria acentuada erosão ao norte do cabo de São Tomé e ao redor da desembocadura do rio Paraíba do Sul. Porém, antes da retomada da progradação, o nível do mar subiu provocando deslocamento das ilhas-barreiras e a consequente formação das lagunas do cabo de São Tomé, sendo elas: lagunas Salgada, das Ostras, da Flecha e Mololô (**Figura 20**). Entre 3.600 e 3.000 anos AP, o abaixamento do nível relativo do mar foi pequeno e, como consequência, a progradação deve ter sido fraca. Martin *et al*, (1997) assumem que este pequeno evento regressivo foi o responsável pela ressecção gradual das lagunas supracitadas.

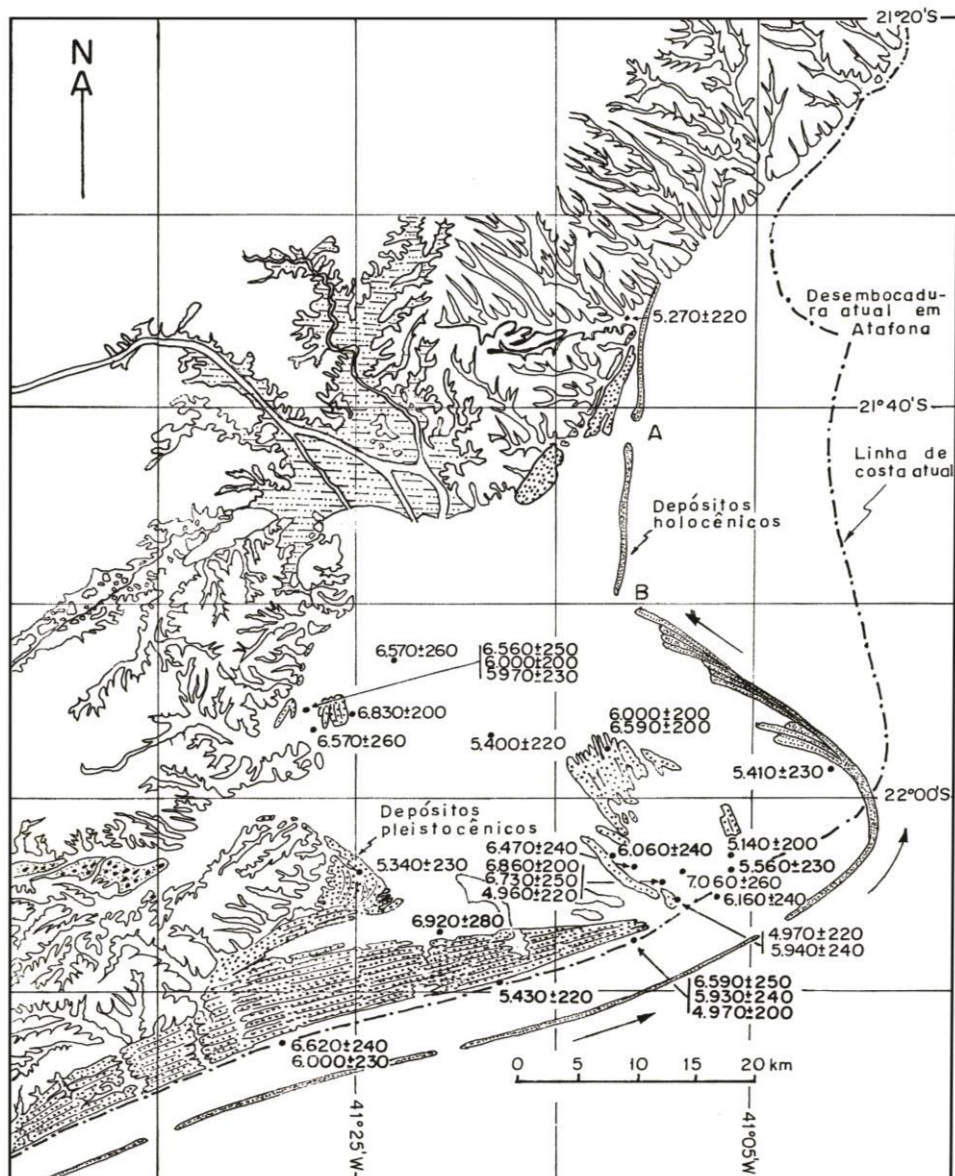
A terceira fase erosiva colocada por Martin *et al*, (1997) está intimamente associada à rápida ascensão do nível marinho entre 2.700 e 2.500 anos AP. A fase subsequente de progradação ocorreu sob condições hidrodinâmicas de ondas eficazes do setor Sul.

As próximas fases erosivas e construtivas associam-se à variações localizadas no regime de ondas eficazes, bem como à fases de flutuações de energia do rio Paraíba do Sul. Atualmente, as areias depositadas na altura do farol de São Tomé tem sido erodidas e transportadas para o norte, contribuindo com a progradação da porção ao sul da desembocadura fluvial, enquanto as areias supridas diretamente pelo rio Paraíba do Sul são depositadas ao norte da desembocadura (Martin *et al*, 1997).

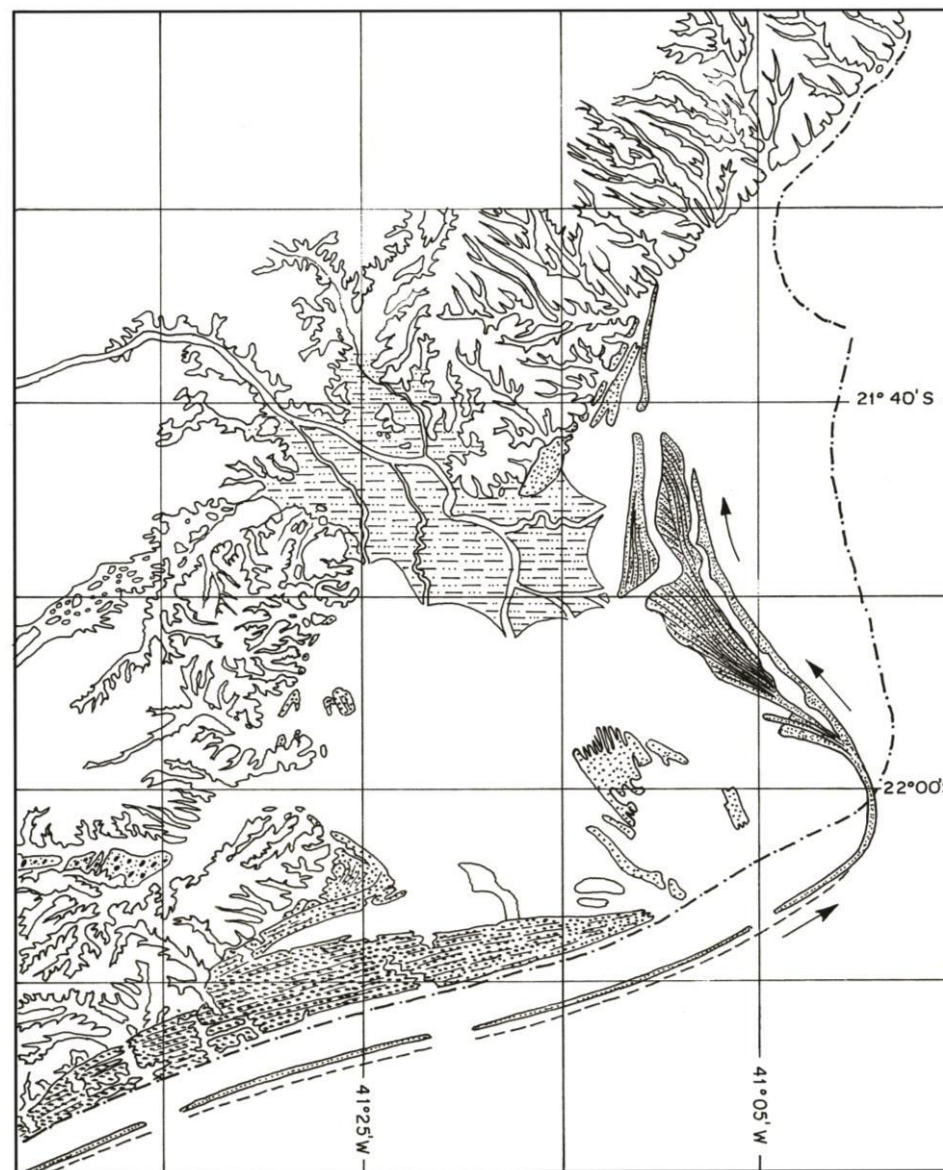
No decorrer de toda esta evolução a paleolaguna foi quase que completamente colmatada, deixando como registro a Lagoa Feia e uma região caracterizada pela presença de depósitos fluviais (delta intralagunar) e paleocanais (**Figura 13**).

Também como resultado do trabalho realizado por Martin *et al*, (1997) tem-se um mapa geológico em que os autores buscaram individualizar os depósitos da região de acordo a idade dos mesmos (**Figura 21**) o que, de certo modo, auxilia no entendimento da evolução do complexo deltaico.



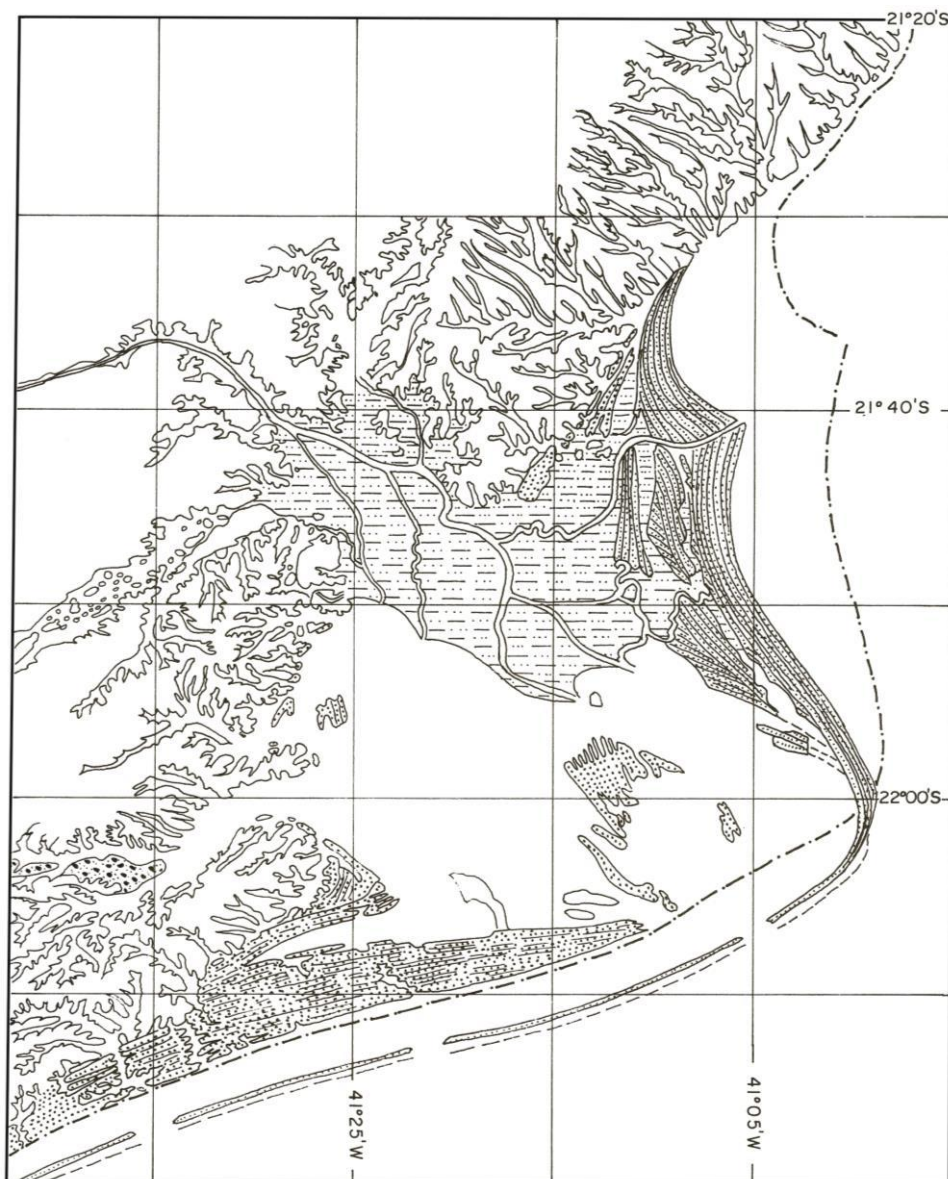


**Figura 17** – Planície costeira do rio Paraíba do Sul, em aproximadamente 5.100 anos AP, período do pico da transgressão holocênica, caracterizada por um sistema de ilhas-barreiras delimitando uma laguna (Martin *et al*, 1997).



**Figura 18** – Período entre 5.100 e 4.200 anos AP em que ocorreu a acumulação de sedimentos arenosos marinhos associada à acumulação de sedimentos fluviais do delta intralagunar, sendo estes os principais responsáveis pela colmatação parcial da paleolaguna (Martin *et al.*, 1997).



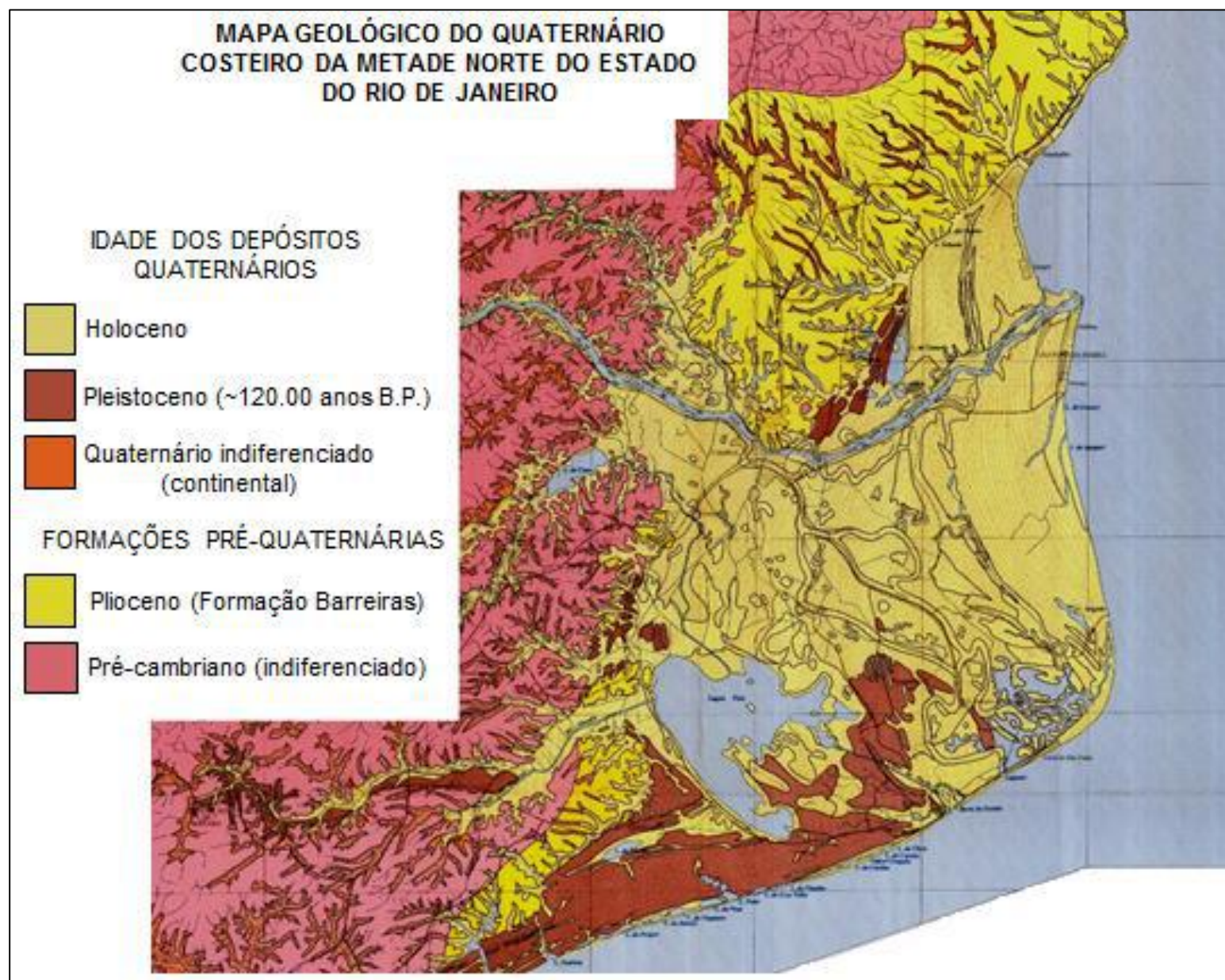


**Figura 19** – Período entre 5.100 e 4.200 anos AP quando um braço do rio Paraíba do Sul já atingia diretamente o mar, culminando com uma progradação acelerada da linha de costa (Martin *et al*, 1997).



**Figura 20** – Continuação da progradação dos sedimentos arenosos marinhos e da construção do delta intralagunar, entre 3.600 e 2.800 anos AP. Neste mesmo período houve a formação das lagunas presentes nas proximidades do cabo de São Tomé (Martin *et al*, 1997).





**Figura 21** – Mapa geológico do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, em que os depósitos encontram-se individualizados de acordo com a idade (Martin *et al*, 1997).

Utilizando-se de fotointerpretações, sondagens a trado manual, testemunhagens a *vibracorer*, que atingiram o máximo de 6 m de profundidade, e análises sedimentológicas, Silva, (1987) propôs seu modelo de evolução para a região de Lagoa Feia e para a planície costeira do rio Paraíba do Sul, conforme ilustra o **Quadro II**.

De acordo com o colocado por Silva, (1987) a evolução desta planície costeira está ligada às variações do nível relativo do mar, além de estar intimamente associada às diversas fases de deltação do rio Paraíba do Sul, que até pelo menos 5.000 anos AP desenvolveu seu delta ao longo do eixo Campos – São Tomé (**Figura 22**). O autor assume que a planície costeira campista é fruto de uma complexa superposição de eventos transgressivos e regressivos, sendo possível observar o desenvolvimento de cristas de praia e ilhas barreiras, superpostas e sobrepostas a sedimentos lacustres e fluviais. Concordante aos demais modelos o autor assume que a Lagoa Feia é o testemunho de uma vasta paleolaguna resultante do afogamento parcial da planície costeira durante o máximo da transgressão de 5.100 anos AP.

Silva, (1987) individualiza seis estágios evolutivos. Os dois primeiros correspondem aos eventos transgressivos, com afogamento e erosão parcial dos tabuleiros da Formação Barreiras, e regressivos, com a formação do primeiro sistema de cristas praias a SW do cabo de São Tomé, todos anteriores à 120.000 anos AP. A terceira fase evolutiva corresponde à transgressão de 120.000 anos AP, responsável pelo afogamento parcial das cristas de praia formadas anteriormente e pelo desenvolvimento de ilhas barreiras que truncaram as cristas de praia do primeiro sistema.

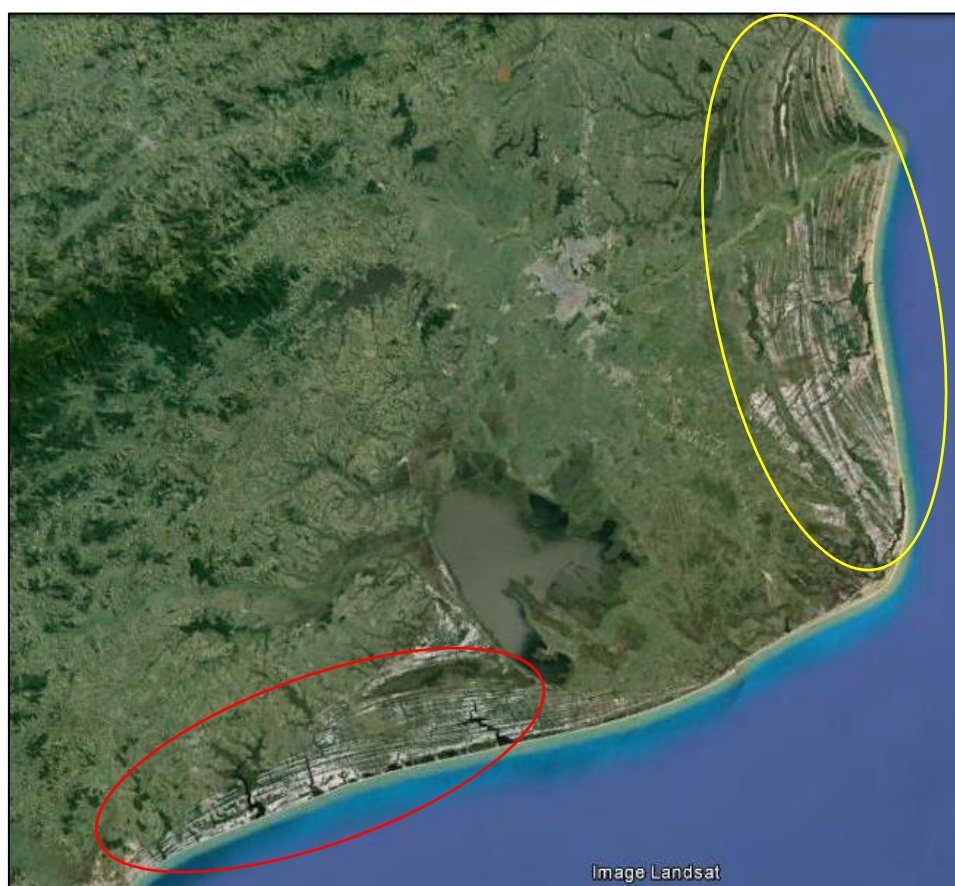
A partir da posição desta ilha barreira iniciou-se a deposição do segundo sistema de cristas praias durante um novo evento regressivo (cerca de 15.000 anos AP). Neste tempo o rio Paraíba do Sul desaguava entre cabo de São Tomé e Macaé, o autor assume que os sedimentos utilizados na construção deste sistema de cristas de praia podem ter sido remobilizados tanto da plataforma continental, como colocado por Martin *et al*, (1984), quanto transportados por uma deriva litorânea pretérita atuante predominantemente no sentido de cabo de São Tomé para Macaé.

O quinto estágio evolutivo colocado por Silva, (1987) corresponde à transgressão holocênica, cujo máximo ocorreu há cerca de 5.100 anos AP. Esta transgressão foi a responsável pelo afogamento de grande parte da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul, dando origem a uma vasta paleolaguna, que condicionou a formação da Lagoa Feia. Houve o afogamento de parte dos cordões arenosos da primeira fase de deltação do rio Paraíba do Sul e, ainda, a formação de um cordão litorâneo transgressivo que se estende de Macaé ao cabo de São Tomé.

A formação de todo o sistema de cristas de praia associados ao curso atual do rio Paraíba do Sul ocorreu após o máximo transgressivo de 5.100 anos AP. O gradual rebaixamento do nível do mar após este pico transgressivo provocou o ressecamento de diversos canais fluviais que escoavam na direção do cabo de São Tomé e as turfas e depósitos de pântanos, comuns na região, também correspondem a este evento.

A última fase colocada por Silva, (1987) corresponde ao assoreamento da Lagoa Feia através do aporte fluvial, evidenciado pela construção de deltas intralagunares, principalmente na borda norte da lagoa. O autor afirma que este processo de assoreamento ainda pode ser evidenciado, através de pequenos deltas “intralagunares” formados nas desembocaduras dos rios Ururaí, Louro e do canal Macaé – Campos. Deste modo vem se processando o avanço da planície aluvionar sobre a Lagoa Feia.



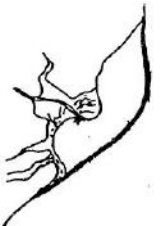

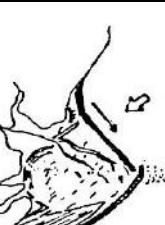

Após o máximo transgressivo de 5.100 anos AP ocorreram oscilações positivas de menor amplitude do nível relativo do mar, estas foram responsáveis pela formação das principais discordâncias observadas no atual sistema de cristas praiais.



**Figura 22** – Imagem de satélite onde destaca-se, em vermelho, a fase mais antiga de deltação colocada por Silva, (1987). Nesta porção, ao sul do eixo Campos – Cabo de São Tomé, os depósitos são de idade pleistocênica e é possível observar vestígios de paleocanais truncados por uma faixa de cordões arenosos. Em amarelo, tem-se a fase mais recente de deltação, com depósitos de idade holocênica, onde é possível observar uma planície de cristas de praia associadas ao curso atual do rio (Fonte: Google Earth).



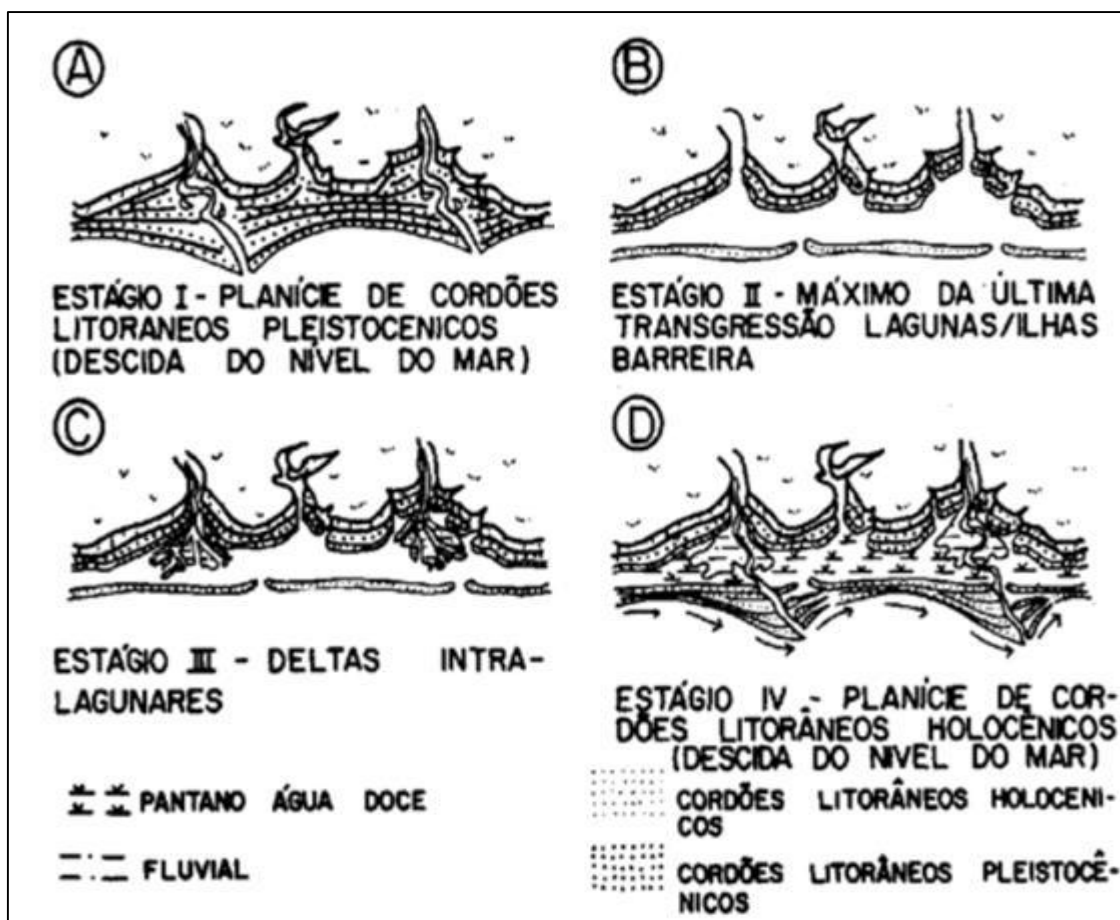
**Quadro II** – Esquema evolutivo da região de Lagoa Feia e complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Silva, 1987).

| Estágios evolutivos | Características evolutivas  | Idade (anos AP)                         | Esquema evolutivo   |
|---------------------|---|---|---|
| A                   | Evento transgressivo responsável pelo afogamento e erosão parcial dos sedimentos continentais da Formação Barreiras, onde foram esculpidas falésias.  | --                                      |    |
| B                   | Evento regressivo que permitiu a formação de cristas praias paralelas à orientação das paleofalésias da Formação Barreiras.   | --                                      |    |
| C                   | Evento transgressivo que provocou o truncamento das cristas de praia formadas na fase anterior.   | 120.000<br>(Martin <i>et al</i> , 1984) |   |
| D                   | Evento regressivo que propiciou a formação de um novo sistema de cristas praias, remanescente a sudoeste da Lagoa Feia, que truncou ortogonalmente o sistema de cristas praias formado durante a fase B.  | 15.000<br>(Martin <i>et al</i> , 1984)  |  |
| E                   | Transgressão holocênica responsável pelo afogamento parcial da planície de cristas arenosas formadas durante a fase anterior, individualização de uma extensa paleolaguna e formação do cordão litorâneo transgressivo que trunca diversas lagunas a sul da Lagoa Feia. Ocorreu ainda a mudança de orientação do rio Paraíba do Sul para sua posição atual. | 5.100<br>(Martin <i>et al</i> , 1984)   |  |
| F                   | Fase atual em que a Lagoa Feia vem sendo progressivamente assoreada por sedimentação fluvial, como consequência da formação de deltas intralagunares que se desenvolvem preferencialmente na sua margem norte e nordeste.   | Posterior à 5.100                       |  |

O esquema evolutivo proposto por Dominguez, (1990) tem um caráter mais geral e é válido para os últimos 120.000 anos das planícies de cordões litorâneos associadas às desembocaduras dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul. O modelo estabelecido por este autor baseia-se na sedimentação deltaica em ambientes dominados por ondas, os quais seriam controlados por fatores como descarga fluvial, amplitude das marés e energia das ondas.

A discussão colocada por Dominguez, (1990) foca três importantes aspectos da sedimentação em ambientes dominados por ondas, os quais, de acordo com o autor, não foram incorporados de maneira apropriada aos modelos de sedimentação deltaica, são eles: 1. Variações do nível do mar; 2. Alimentação transversal *versus* alimentação longitudinal e 3. Autociclicidade *versus* alociclicidade.

Baseado em datações pelo método do radiocarbono e mapeamentos detalhados dos cordões arenosos quaternários, o autor propôs um modelo com quatro estádios evolutivos, no qual as variações do nível do mar tem grande influência na construção das planícies sedimentares supracitadas (**Figura 23**).



**Figura 23** – Esquema evolutivo dos últimos 120.000 anos AP das planícies de cordões litorâneos associados às desembocaduras dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul (Dominguez, 1990).

## 8. FÁCIES NO COMPLEXO DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

Por meio do levantamento bibliográfico realizado observou-se que, na maioria dos trabalhos executados no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, os autores basearam-se em dados de superfície, mais especificamente em dados geomorfológicos, para compor os seus modelos. À exceção dos trabalhos realizados por Araújo & Beurlen (1975), Dias *et al*, (1984) e Silva (1987) nos demais não foram analisados dados geológicos de subsuperfície.

Araújo & Beurlen (1975) foram os únicos a realizar uma análise faciológica do material de subsuperfície. Dias *et al*, (1984) focaram seus estudos em uma região muito restrita e Silva (1987) dedicou-se à elaboração de um novo modelo evolutivo. Este cenário expõe a carência de dados de subsuperfície e de análises faciológicas detalhadas, que indiquem tanto os processos geradores das rochas quanto o paleoambiente deposicional.

Araújo & Beurlen (1975), com o intuito principal de promover uma melhor compreensão acerca da sedimentação deltaica recente do rio Paraíba do Sul, utilizaram um total de 674 amostras de superfície e 36 poços continuamente testemunhados até 30 m de profundidade, todos na porção subaérea do complexo deltaico.

As análises de superfície da porção emersa do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, feitas por Araújo & Beurlen (1975), tiveram como objetivo a caracterização dos ambientes recentes de sedimentação marinha-litorânea e também dos de sedimentação continental, além de mostrar a distribuição de ambos na planície deltaica. Já as análises de subsuperfície, restritas às seções holocênicas, objetivaram compreender a evolução da história deltaica.

Dentre as análises de subsuperfície realizadas na parte emersa desta ampla planície quaternária é importante destacar os poços PRP-16 e o PRP-18 já que estão muito próximos ao poço aqui analisado. Ambos chegam próximos aos 30 m de profundidade e exibem baixa recuperação. É possível observar o predomínio de fácies arenosas com ocorrência de siltes e argilas, sendo frequente a presença de conchas e de nanofósseis indicativos de ambiente deposicional marinho.

A correlação dos poços da porção emersa indica a presença de argilas e siltes do prodelta sobre sedimentos pleistocênicos. Imediatamente acima ocorrem sedimentos arenosos de cordões litorâneos e lateralmente encontra-se os sedimentos da frente deltaica cortados por sedimentos da barra de embocadura e vales fluviais.

Para a plataforma submarina, sobre a qual prograda o delta holocênico do rio Paraíba do Sul, os autores identificaram sete litofácies distintas (**Quadro III**), sendo três delas holocênicas. As litofácies 1 e 2 representam o prodelta e caracterizam a sedimentação deltaica submarina

atual em um contexto destrutivo, ou seja, retratam a elevada energia do meio receptor, já os calcários algais da litofácies 3 representam relíquias de bancos calcários desenvolvidos a partir do início da sedimentação deltaica holocênica, que vem sendo progressivamente recobertos pela sedimentação deltaica atual. Sob a litofácies 3 há areias conchíferas representativas de ciclos sedimentares mais antigos, estas provavelmente são de idade pleistocênica.

O autor coloca que a construção do complexo deltaico holocênico do rio Paraíba do Sul iniciou-se com o máximo transgressivo de 5.100 anos AP, desenvolvendo-se em duas fases distintas: uma abandonada e a outra ainda atuante. A primeira fase foi controlada por um paleovale pleistocênico por onde corria o rio Paraíba do Sul que construía um delta de muitos lobos determinando uma costa irregular com golfos, enseadas e pequenas baías. Concomitante ao crescimento do delta, desenvolveram-se bancos de calcários algais no Golfo de Campos e depositaram-se as espessas camadas de argila no Golfo da Lagoa Feia.

A segunda fase de construção deltaica é caracterizada pela mudança do curso do Paraíba do Sul. Esta fase é caracterizada por processos altamente destrutivos dominados por ondas que culminou com o preenchimento do Golfo de Campos, o recobrimento do delta da primeira fase e o fechamento progressivo do Golfo da Lagoa Feia.

**Quadro III** – Quadro de fácies proposto por Araújo & Beurlen (1975) para a região frontal ao delta, até a cota batimétrica aproximada de 50 m.

| Litofácies              |    | Litologia   | Distribuição e localização   | Geometria                            | Idade           |
|-------------------------|----|---|--|--------------------------------------|-----------------|
| SEDIMENTOS DELTAICOS    | 1  | Areias grossas com gradação para areias finas e siltes argilosos.   | Entre a praia e a profundidade de 8 m, com largura de aproximadamente 1 km.  | Alongado, em faixa paralela à costa. | Holoceno        |
|                         | 2  | Argilas e siltes argilosos, cinza-escuros, calcíferos, micromicáceos ricos em matéria orgânica, fragmentos de conchas e odor de H <sub>2</sub> S. | Contígua à litofácies 1 até a profundidade aproximada de 15 m em uma faixa com largura média de 3 km. Alguns lobos erráticos.          | Alongado, em faixa paralela à costa. | Holoceno        |
| SEDIMENTOS PLATAFORMAIS | 3  | Calcários algais.   | A leste da litofácies 2, do extremo norte até cerca de 20 km ao sul da foz do rio, entre 15 e 18 m de profundidade e 10 km de largura. | Em banco irregular.                  | Holoceno        |
|                         | 4  | Areias grossas e muito grossas, subangulosas a arredondadas com fragmentos de conchas e traços de minerais máficos.                               | Na plataforma ao norte do cabo de São Tomé. A leste e sudeste das litofácies 2 e 3.  | Alongada em faixa paralela à costa.  | Pleistoceno (?) |
|                         | 4A | Areias finas a médias, limpas, com ocorrência de minerais máficos e fragmentos de conchas.  |  |                                      |                 |
|                         | 4  | Como acima.   | Na plataforma sul do cabo de São Tomé. Irregular em relação à litofácies 2.  |                                      | Pleistoceno (?) |
|                         | 4A | Como acima.   |  |                                      |                 |
|                         | 4B | Areias grossas a médias, amareladas, com presença de conchas.   |  |                                      |                 |
|                         | 5  | Areias calcárias, coquinóides, amarelas e levemente acastanhadas, com fragmentos algais.  | Encontrados no perfil marítimo e em pontos isolados em superfície.   | Irregular                            | Holoceno (?)    |



## 9. RESULTADOS

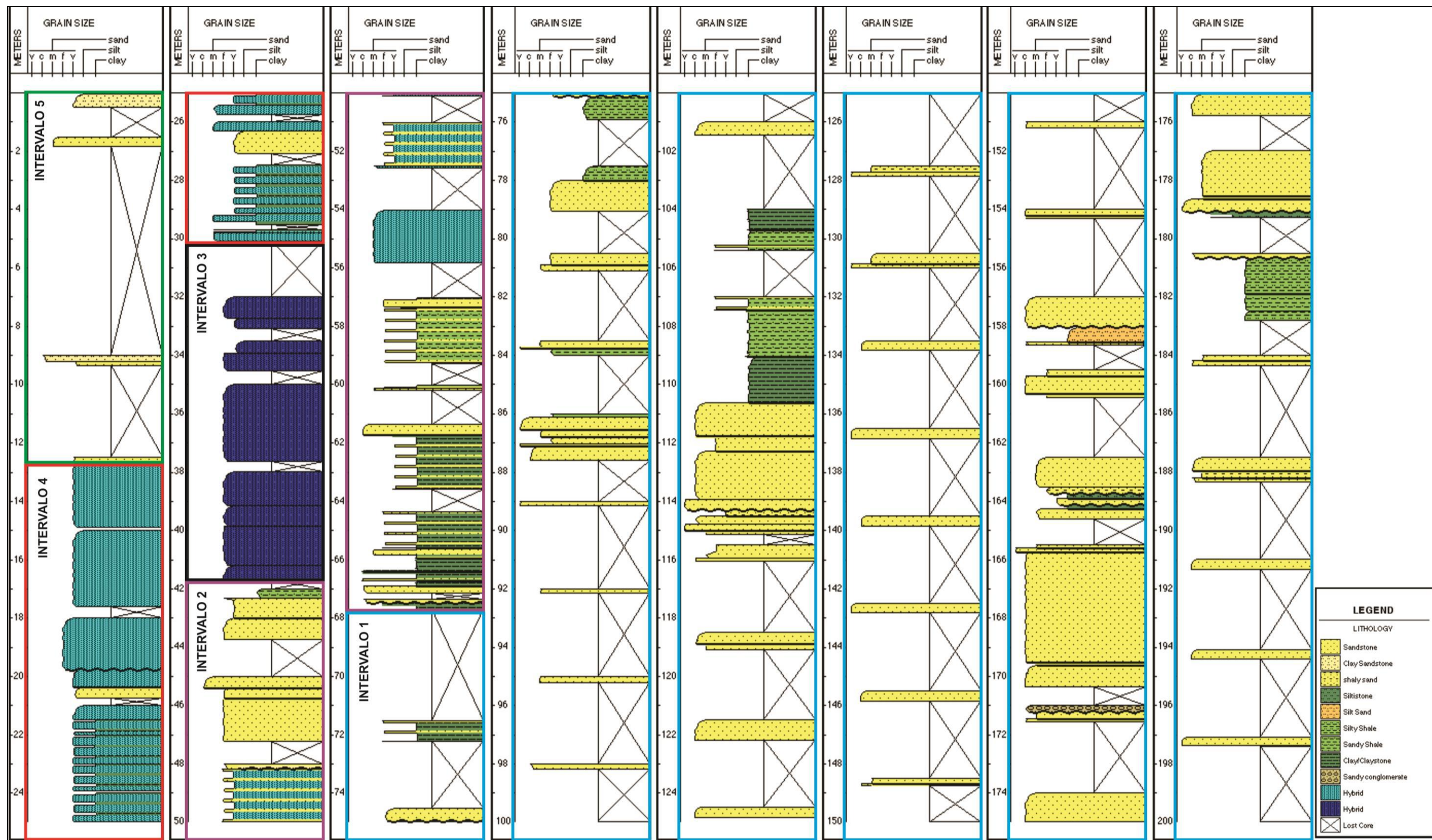
### 9.1 Descrição litológica

Com base na caracterização de atributos como litologia, granulometria, argilosidade, seleção, estruturas sedimentares, cor e conteúdo fossilífero foi realizada uma nova descrição (**Apêndice B**) e elaborado um perfil lito-faciológico na escala de 1:40 (**Apêndice C**) do testemunho do poço 2-MU-1-RJ.

Na **Figura 24** é possível identificar as principais feições observadas durante a descrição do testemunho de sondagem. Destaca-se a baixa recuperação (~43%), principalmente nos primeiros 12 m e na parte basal do testemunho de sondagem onde há um amplo predomínio de material friável e inconsolidado.

A parte basal (200 – 68 m) é caracterizada por areias e arenitos friáveis, mal selecionados, feldspáticos e de coloração amarelada. Ocorrem também siltitos e argilitos, em sua grande maioria, acastanhados. Entre 68 e 42 m observa-se um amplo predomínio de rochas com acamamento heterolítico do tipo linsen. A parte superior do testemunho de sondagem (42 – 12 m) é composta por rochas híbridas, ou seja, rochas constituídas por uma mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. Por fim, entre 12 e 0 m, a recuperação foi muito baixa e observou-se apenas areia micácea e arenito argiloso micáceo.

As rochas areníticas, lutíticas e heterolíticas foram assim classificadas baseando-se, essencialmente, em aspectos texturais. Para a classificação de rochas híbridas utilizou-se aspectos composicionais, neste caso a petrografia funcionou como uma ferramenta complementar a descrição megascópica e foi utilizada na caracterização da microfauna, abundante nas rochas híbridas. Foram identificados diferentes bioclastos, como exemplo: bivalves, foraminíferos, equinóides, briozoários, ostracodes e algas, além de uma matriz margosa rica em ascídias e nanofósseis calcários.



**Figura 26** – Perfil litológico esquemático do testemunho do poço 2-MU-1-RJ onde se observa o aspecto geral das rochas descritas e os cinco intervalos associados a diferentes estágios de sedimentação: intervalo 1 (200-68m) destacado em azul, intervalo 2 (68-42m) em púrpura, intervalo 3 (42-30m) em preto, intervalo 4 (30-12m) em vermelho e intervalo 5 (12-0m) em verde.

## 9.2 Análise faciológica

Foram identificadas um total de 16 fácies, sendo 7 areníticas, 4 híbridas, 3 heterolíticas e 2 lutíticas. As fácies foram identificadas por um código alfanumérico semelhante ao exemplificado por Miall (1985), em que a primeira letra corresponde a litologia e, as demais, estruturas e outras características diagnósticas.

Propôs-se um quadro síntese de fácies (**Quadro IVa e IVb**) onde cada uma das 16 fácies identificadas foi sumarizada e indicado o processo gerador mais provável para cada uma delas. Além do quadro síntese cada uma das fácies foram descritas, discutidas e fotografadas.

**Quadro IVa** – Quadro de fácies do testemunho do poço 2-MU-1-RJ.

|                   | DESIGNAÇÃO | DIAGNOSE                               | INTERPRETAÇÃO  |
|-------------------|------------|--|--|
| FÁCIES ARENÍTICAS | Aam        | Arenito argiloso micáceo               | Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso com posterior modificação pedogenética.  |
|                   | Amf        | Areia micácea e/ou feldspática         | Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso.   |
|                   | Aml        | Arenito micáceo com lentes de argila   | Resulta da alternância de fluxo trativo unidirecional e decantação, subaquoso.   |
|                   | Ao         | Arenito oxidado                        | Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso, com posterior exposição subaérea.   |
|                   | Ac         | Arenito cinza, por vezes estratificado | Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso. Quando estratificados representam migração de megaondulações de crista sinuosa. |
|                   | Afa        | Arenito feldspático amarelado          | Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso, com posterior oxidação.   |
|                   | AaF        | Arenito argiloso com fitoclastos       | Resulta de pequenos fluxos trativos intercalados com decantação e posterior reelaboração por ação biogênica.                       |

**Quadro IVb** – Quadro de fácies do testemunho do poço 2-MU-1-RJ. (*continuação*)

|                             | DESIGNAÇÃO | DIAGNOSE   | INTERPRETAÇÃO   |
|-----------------------------|------------|--|---|
| <b>FÁCIES HÍBRIDAS</b>      | HFb        | Arenito híbrido com fitoclastos e bioclastos                                     | Resulta da alternância entre decantação e fluxos hiperpicnais com posterior reelaboração biogênica.                                   |
|                             | Hgb        | Arenito híbrido com grânulos e bioclasto   | Resulta de fluxo hiperpicnal de alta energia capaz de agregar material carbonático.   |
|                             | Hba        | Arenito híbrido friável/ inconsolidado com bioclastos amarelado                  | Resulta de fluxo hiperpicnal de moderada a alta energia capaz de agregar material carbonático com oxidação posterior.                 |
|                             | Hb         | Arenito híbrido com bioclastos   | Resulta da alternância entre fluxos hiperpicnais e decantação com posterior reelaboração biogênica.                                   |
| <b>FÁCIES HETEROLÍTICAS</b> | Ia         | Intercalações entre arenito híbrido e argila                                     | Resulta de decantação e fluxos hiperpicnais intercalados com decantação de material carbonático com posterior reelaboração biogênica. |
|                             | Is         | Intercalações entre siltito híbrido e arenito                                    | Resulta da decantação de material carbonático intercalada com fluxos hiperpicnais com posterior reelaboração biogênica.               |
|                             | IF         | Intercalações entre arenito e argilito com fitoclastos                           | Resulta da intercalação entre decantação e eventos esporádicos de fluxo trativo unidirecional.  |
| <b>FÁCIES LUTÍTICAS</b>     | Lc         | Argilito arenoso/ Argilito siltico/ Argilito cinza                               | Resulta, predominantemente, de processo decantativo (material fino) em meio subaquoso.  |
|                             | La         | Siltito arenoso/ Siltito/ Argilito siltico/ Argilito arenoso/ Argilito amarelado | Resulta, predominantemente, de processo decantativo (material fino) em meio subaquoso, com posterior oxidação.                        |

- FÁCIES ARENÍTICAS**

**Fácies Aam**

Diagnose: Arenito argiloso micáceo.

Interpretação: Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso com posterior modificação pedogenética.

Descrição: Arenito muito fino superior, anguloso, muito mal selecionado. Apresenta grande proporção de muscovita e biotita, além de quartzo. A argilosidade é elevada, compõe



cerca de 35% da rocha, e a coloração alaranjada (pela carta de cores de Munsell, Grayish orange 10YR 7/4) (**Figura 25**).

Discussão: A fácies Aam encontra-se exclusivamente no topo do testemunho, entre 0,0 e 0,5m. Esta fácies pode ser representativa de uma superfície de exposição subaérea, em que o material depositado em meio subaquoso esteve sujeito a processos de oxidação, responsáveis pela coloração alaranjada da rocha. Acredita-se que, uma vez exposto, o material passou a ser modificado por processo pedogenético, como por exemplo eluviação, que promove a acumulação de argila no horizonte B do solo.



**Figura 25** – Fácies Aam. Observar arenito fino superior argiloso, mal selecionado e de coloração alaranjada. Ocorre concentrado no topo do testemunho de sondagem (0,00 – 0,50m).

### **Fácies Amf**

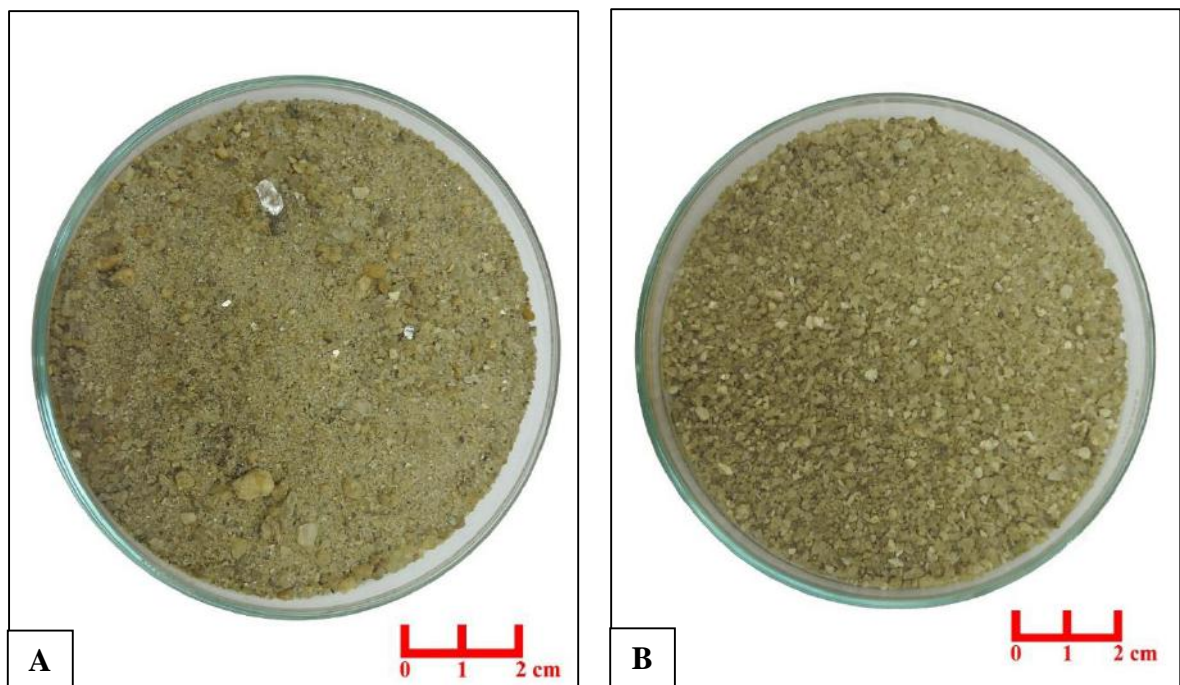
Diagnose: Areia micácea e/ou feldspática.

Interpretação: Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso.

Descrição: Areias média inferior e muito grossa inferior, angulosa a subarredondada, muito mal a moderadamente selecionada. Normalmente com presença de grânulos e/ou seixos e raramente identifica-se nódulos de ferro. Observa-se grande abundância de muscovita, biotita, feldspato e quartzo e outros em que predomina quartzo e feldspato. Apresenta argilosidade entre 5 e 30%, e coloração variando em tons de cinza e amarelo, (pela carta de cores de Munsell tem-

se: Grayish orange pink 5YR 7/2, Yellowish gray 5Y 8/1 – 5Y 7/2, Pale yellowish brown 10YR 6/2, Grayish yellow 5Y 8/4, Moderate yellow 5Y 7/6, Very light gray nº 8, Light gray nº 7, Dusky yellow 5Y 6/4) (**Figura 26a e 26b**).

**Discussão:** A fácies Amf ocorre em camadas delgadas (cerca de 10 a 20 cm de espessura), entretanto encontra-se distribuída por todo o testemunho, sendo possível observá-la nas seguintes cotas: 1,50m; 60,20m; 61,70m; 98,20m; 101,45m; 127,85m; 131,00m; 133,80m; 136,85m; 139,85m; 142,80m; 145,85m; 148,75m; 151,20m; 154,30m; 158,65m; 160,45m; 171,55m; 184,35m; 188,35m; 191,35m; 194,40m e 197,40m. Trata-se de um depósito de material inconsolidado com características continentais. O mesmo apresenta baixa maturidade composicional e textural, o que remete dadas condições como pouco transporte e relativa proximidade com a área fonte. A partir disto é possível supor que a deposição teria ocorrido em condições de clima um pouco mais seco, o que explicaria a ausência de intemperismo químico e preservação do feldspato e da muscovita e, ainda, o pouco transporte. Sugere-se que a deposição deste material ocorreu inicialmente em ambiente continental, e, posteriormente, com a subida do nível do mar, em regiões proximais de um ambiente parálico, indicando períodos de maior energia do canal fluvial.



**Figura 26** – Fácies Amf. (A) Areia média superior, angulosa, mal selecionada, com grande proporção de muscovita e feldspato. Características predominantes no topo do testemunho (1,50 – 1,85m) e (B) Areia muito grossa inferior, subangulosa, mal selecionada e de composição quartzo-feldspática. Feições repetem-se com frequência na porção basal do testemunho (197,10 – 197,40m).

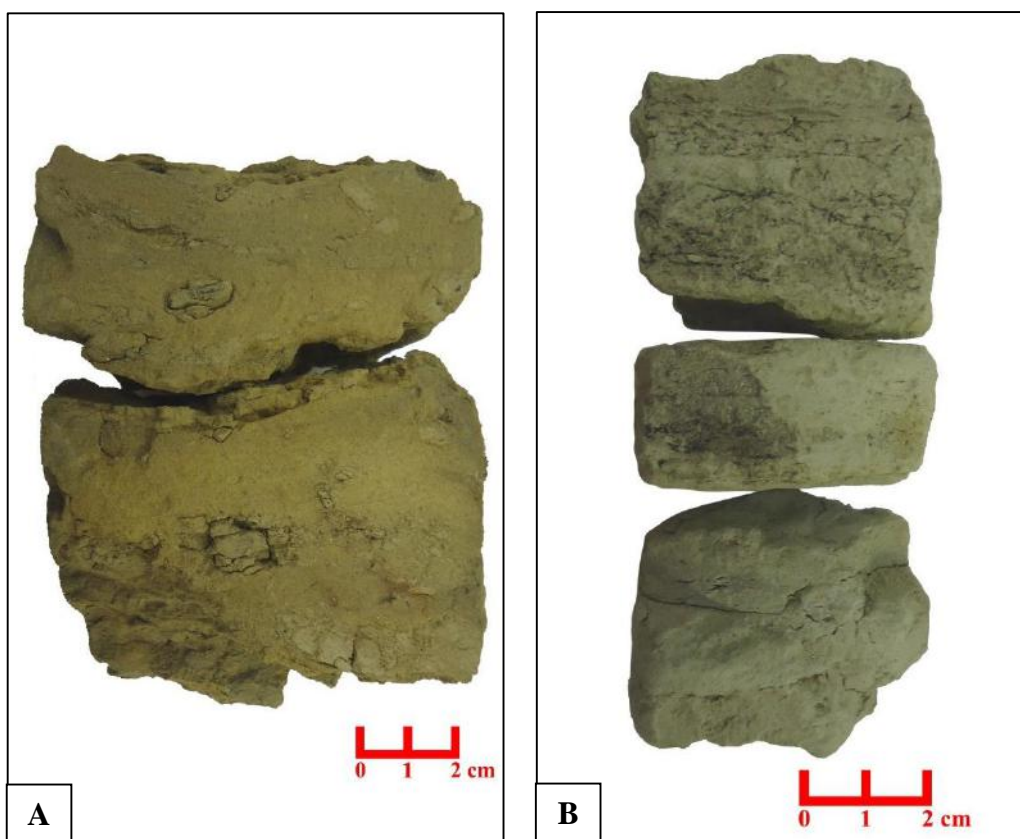
### **Fácies Aml**

Diagnose: Arenito micáceo com lentes de argila.

Interpretação: Resulta da alternância de fluxo trativo unidirecional e decantação, subaquoso.

Descrição: Arenito cuja granulometria varia entre muito fino superior e fino superior, anguloso a subanguloso. Normalmente bem selecionado, bioturbado, com lentes de argila e fitoclastos. A composição principal é quartzo, muscovita, biotita, e, de modo mais insignificante, feldspato. Material com uma proporção variável de argilosidade, entre 15 e 35%, que apresenta diferentes tons de cinza (pela carta de cores de Munsell tem-se: Grayish orange 10YR 7/4, Light olive gray 5Y 6/1, Yellowish gray 5Y 7/2) (**Figura 27a e 27b**).

Discussão: A fácies Aml ocorre apenas no topo do testemunho (9,35m; 12,75m; 20,75m e 27,10m) em pacotes não muito espessos. A ocorrência de fitoclastos e marcas de raízes indicam que se trata de um depósito em estreita proximidade com o continente, porém o mesmo encontra-se em associado à depósitos marinhos e lagunares (fácies híbridas). Marcam períodos de maior aporte de siliciclástico em um ambiente de energia relativamente baixa que permite a decantação de argila e micas. Pode estar representando pequenas progradações que ocorrem nas porções proximais do sistema parálico quando o nível do mar fica estável, sendo erodido em seguida quando a transgressão marinha é retomada.



**Figura 27** – Fácies Aml. (A) Arenito muito fino superior, bioturbado, bem selecionado, com lentes de argila e elevada proporção de muscovita. Estas características são predominantemente observadas entre 9,20 e 12,75m de profundidade e (B) Arenito muito fino superior, bem selecionado, com grande proporção de muscovita e elevada argilosidade. Destaca-se a grande concentração de fitoclastos identificados entre 26,30 e 27,10m de profundidade.

### Fácies Ao

Diagnose: Arenito oxidado.

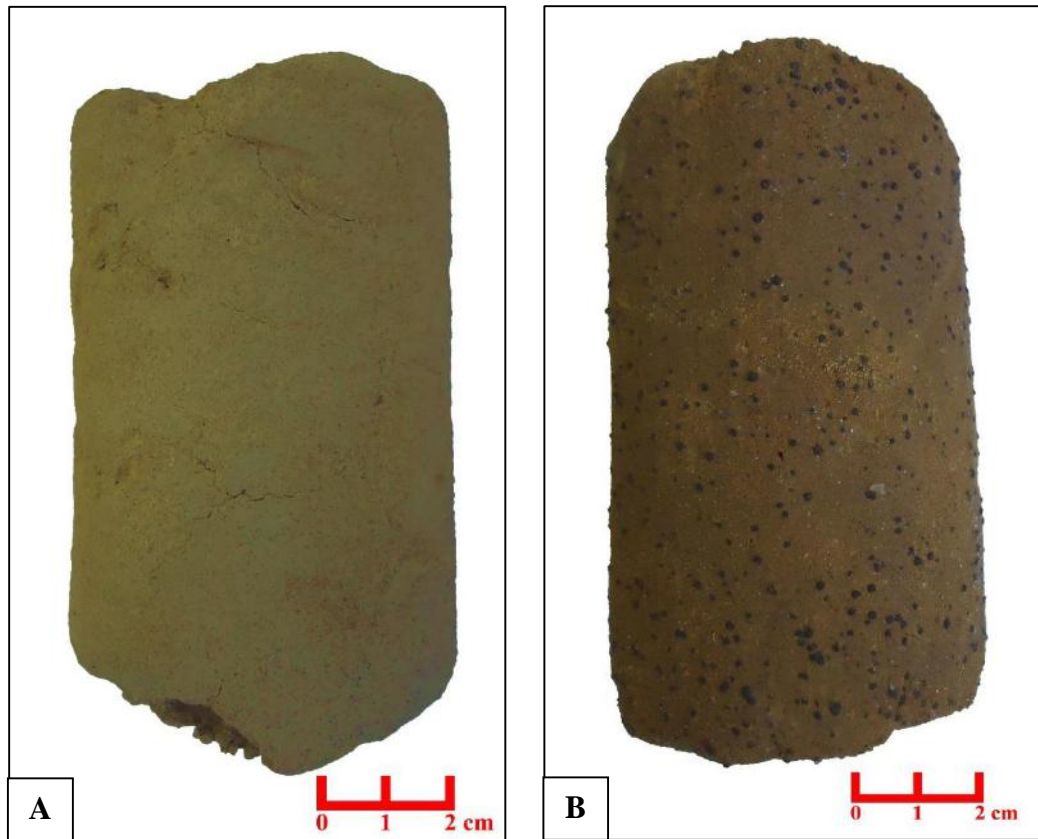
Interpretação: Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso, com posterior exposição subaérea.

Descrição: Arenitos muito fino superior à grossos superior, subanguloso a subarredondado, mal a bem selecionado. Em relação à composição observa-se essencialmente quartzo, a argilosidade varia em torno de 10 - 25%, sendo comum a ocorrência de nódulos de ferro (siderita) e de minerais com capa de oxidação. Apresenta tons acastanhados e amarelados (pela carta de cores de Munsell tem-se: Moderate yellow 5Y 7/6, Dark yellowish orange 10YR 6/6, Yellowish gray 5Y 7/2) (**Figura 28a e 28b**).

Discussão: A fácies Ao ocorre na parte superior do testemunho, entre 42,35 e 48,20m. Trata-se de um depósito continental, evidenciado, dentre outros fatores, pela presença de argila infiltrada pela ação de raiz. O mesmo encontra-se entre fácies heterolíticas e fácies híbridas, indicativas de nível do mar em ascensão e de nível do mar alto, respectivamente. A fácies pode ser indicativa de uma superfície que esteve exposta ao ambiente oxidante devido à uma pequena



regressão durante a subida do nível do mar. Em períodos de regressão o sistema fluvial ganha energia capaz de erodir os depósitos pretéritos e, neste caso, como o período de regressão é curto, a transgressão é logo retomada.



**Figura 28** – Fácies Ao. (A) Arenito fino superior, bem selecionado, de coloração amarelada com pequenos nódulos de ferro (siderita). Estas características são predominantemente observadas entre 42,35 e 43,00m de profundidade e (B) Arenito fino superior, moderadamente selecionado, de coloração acastanhada com elevada proporção de nódulos de ferro (siderita) tamanho grânulo. Estas feições são identificadas em aproximadamente 45m de profundidade.

### Fácies Ac

Diagnose: Arenito cinza, por vezes estratificado.

Interpretação: Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso. Quando estratificados representam migração de megaondulações de crista sinuosa.

Descrição: Arenito em que a granulometria varia desde areia fina inferior à areia grossa superior, subanguloso a subarredondado, mal a moderadamente selecionado. Normalmente observa-se grânulos e/ou seixos, concentrados ou dispersos na rocha. Em alguns locais é possível identificar a ocorrência de estratificação cruzada. Composicionalmente observa-se quartzo, feldspato e, em alguns casos, muscovita. A argilosidade varia em torno de 5 - 30%, em relação à coloração há um predomínio de tons de cinza (pela carta de cores de Munsell tem-se:

Very light gray nº8, Light gray nº7, Medium light gray nº6, Grayish yellow 5Y 8/4, Yellowish gray 5Y 7/2) (**Figura 29**).

Discussão: A fácies Ac, que ocorre em camadas não muito espessas, normalmente na escala centimétrica, é encontrada em maior abundância na parte basal do testemunho, sendo possível observá-la nas seguintes profundidades: 67,15m; 67,50m; 75,15m; 79,05m; 80,70m; 95,20m; 118,90m; 130,80m; 148,65m; 154,20m; 184,20m e 187,95m. Trata-se de deposição em ambiente continental em que a presença de estratificação cruzada e o fato de esta fácies ocorrer associada à outras fácies areníticas e lutíticas configuram uma associação típica de um sistema fluvial levemente meandrante. A energia e capacidade de transporte do canal fluvial aparenta ser bastante variável, sugere-se que este fato tenha um controle alocíclico, em que o clima funcionaria como o principal regulador do sistema fluvial. A deposição ocorreria principalmente durante os períodos de clima úmido, quando há maior disponibilidade de sedimentos e maior capacidade de transporte. Os intervalos onde há maior argilosidade e granulometria de menor tamanho podem estar representando depósitos de extravasamento de canal, enquanto os demais, principalmente os que exibem estratificação, são típicos de barra de acreção lateral.



**Figura 29** – Fácies Ac. Arenito médio superior, subarredondado, mal selecionado, de coloração cinza, com estratificação marcada pela intercalação com argilito. Estas características são observadas especialmente em torno de 95,00m de profundidade. Destaca-se que é rara a presença de estruturas sedimentares em todo o testemunho.

## **Fácies Afa**

Diagnose: Arenito feldspático amarelado.

Interpretação: Resulta de fluxo trativo unidirecional, subaquoso, com posterior oxidação.

Descrição: Arenito cuja granulometria varia desde areia fina superior até areia muito grossa superior, anguloso a subarredondado, mal a bem selecionado. Normalmente observa-se grânulos e/ou seixos, os mesmos ocorrem tanto dispersos quanto concentrados formando pavimentos, a concentração destas frações pode ser tal que a rocha passa a ser classificada como arenito cascalhoso. É comum a ocorrência de ciclos granodecrescente ascendente e rara a identificação de bioturbação e a ocorrência de litoclastos, fitoclastos e intraclastos. Composicionalmente é possível identificar quartzo, feldspato e, em alguns casos, muscovita e/ou biotita. Argilosidade varia entre 5 - 25%. Uma feição diagnóstica da fácies é o predomínio da tonalidade amarela e, em alguns intervalos, observa-se tons de cinza com manchas de oxidação (pela carta de cores de Munsell tem-se: Yellowish gray 5Y 8/1 – 5Y 7/2, Grayish yellow 5Y 8/4, Moderate yellow 5Y 7/6, Dusky yellow 5Y 6/4, Dark yellowish orange 10YR 6/6) (**Figura 30**).

Discussão: A fácies Afa, ocorre em camadas não muito espessas, normalmente na escala centimétrica, contudo é a fácies mais recorrente na parte basal do testemunho e só pode ser identificada a profundidades maiores que 80m. É possível identificá-la nas seguintes cotas: 81,10m; 83,75m; 87,60m; 89,15m; 92,15m; 111,75m; 112,30m; 114,35m; 115,15m; 116,05m; 119,10m; 122,20m; 124,85m; 158,05m; 159,70m; 163,50m; 164,60m; 170,35m; 171,45m; 175,80; 178,55m; 179,10m e 180,70m. Trata-se de um depósito com características continentais cuja coloração amarelada indica oxidação. A ausência de estruturas pode ser explicada por reelaboração biogênica e/ou atuação de processos pedogenéticos durante exposição subaérea. A estreita relação desta fácies com outras fácies areníticas (como Aml e Ac) e lutíticas configuram uma associação típica de um sistema fluvial levemente meandrante. A energia e capacidade de transporte do canal fluvial aparenta ser bastante variável, sugere-se que este fato tenha um controle alocíclico, em que o clima funcionaria como o principal regulador do sistema fluvial. Por se tratar de uma rocha com baixa maturidade composicional supõe-se que a mesma tenha sido depositada em condições de clima mais seco, em que há menor atuação de intemperismo químico permitindo a preservação do feldspato. O fato de o material ter sofrido oxidação indica que houveram episódios de deposição e de exposição, o que corrobora com a suposição de clima seco durante este período. O arredondamento e seleção indicam grande heterogeneidade em relação à energia do transporte e distância da área fonte, sugerindo a

ocorrência de fluxos regulares de baixa a moderada energia e outros esporádicos de maior energia, típicos de períodos de maior pluviosidade.



**Figura 30** – Fácies Afa. Arenito grosso superior, subarredondado, mal selecionado, com grânulos dispersos. Apresenta coloração amarelada, baixa argilosidade e elevada proporção de feldspato. Estas feições são identificadas em toda parte basal do testemunho.

### **Fácies AaF**

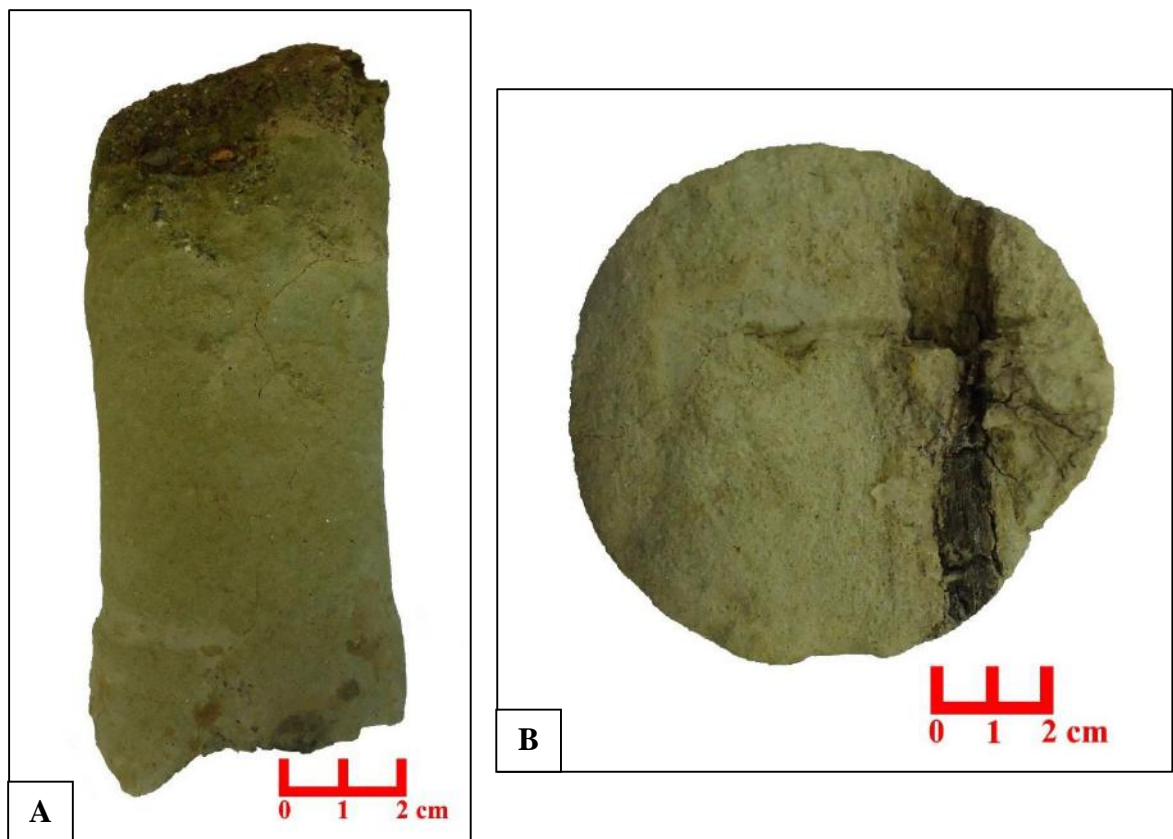
Diagnose: Arenito argiloso com fitoclastos.

Interpretação: Resulta de pequenos fluxos trativos intercalados com decantação e posterior reelaboração por ação biogênica.

Descrição: Arenitos muito fino inferior e médio superior, anguloso a subarredondado, mal a bem selecionado. Há fitoclastos e elevada argilosidade (em torno de 30 - 45%). Composicionalmente há um amplo predomínio de quartzo e feldspato, raramente encontra-se muscovita e/ou biotita. A cor varia em tons de cinza e amarelo (pela carta de cores de Munsell tem-se: Very light gray nº 8, Yellowish gray 5Y 7/2, Grayish yellow 5Y 8/4, Moderate yellow 5Y 7/6) (**Figura 31a e 31b**).

Discussão: A fácies AaF ocorre em camadas delgadas (cerca de 15cm de espessura) e exclusivamente na parte basal. Observa-se a mesma apenas em cinco profundidades, a saber: 114,50m; 127,75m; 163,75m; 164,15m e 188,20m. Trata-se de um depósito com características

continentais, reforçado pela presença de fitoclastos que é um forte indicativo da proximidade com regiões vegetadas. A fácies encontra-se intimamente associada à outras fácies areníticas (como Afa e Amf) e fácies lutíticas, o que configura uma associação típica de um sistema fluvial levemente meandrante, já interpretado previamente. Infere-se que este depósito tenha um controle alocíclico, ou seja, o clima funciona como principal regulador do tipo de processo atuante. A proximidade com Afa e Amf, tidas como típicas de clima um pouco mais seco, permite que esta fácies seja entendida como fruto de pequenos fluxos esporádicos de maior energia capazes de carregar frações arenosas à locais mais distais. Este material teria sido constantemente reelaborado por ação biogênica, tornando-se homogêneo.



**Figura 31** – Fácies AaF. (A) Arenito fino superior, bem selecionado, de coloração cinza claro, que apresenta elevada argilosidade. Estas características são observadas em torno de 114,35m de profundidade e (B) Base da amostra da Figura 10. É possível detectar a presença de fitoclastos, feição diagnóstica desta fácies.

- **FÁCIES HÍBRIDAS**

#### **Fácies HFb**

Diagnose: Arenito híbrido com fitoclastos e bioclastos.

Interpretação: Resulta da alternância entre decantação e fluxos hiperpicnais com posterior reelaboração biogênica.

Descrição: Arenito híbrido, ou seja, rocha constituída por uma mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. Fração areia é essencialmente muito fina superior, angulosa, bem a moderadamente selecionada. Composicionalmente observa-se quartzo, feldspato, biotita e muscovita. A argilosidade é elevada, cerca de 30 - 40%, fitoclastos e bioclastos são abundantes. Observa-se, frequentemente, a presença de ripples apesar de o material estar intensamente bioturbado. Predomínio de coloração cinza esverdeada (pela carta de cores de Munsell tem-se: Light olive gray 5Y 6/1). A análise de lâminas delgadas permitiu a identificação mais precisa dos componentes carbonáticos, notou-se a ocorrência de lama margosa rica em ascídias e nanofósseis. Como bioclastos tem-se, além dos bivalves, foraminíferos, equinóides, briozoários, ostracodes e algas solenoporáceas (**Figura 32**).

Discussão: A fácies HFb encontra-se concentrada no topo do testemunho, sendo observada nas cotas: 14,90m; 17,60m; 20,35m e 21,50m. Encontra-se associada à outras fácies híbridas, contudo o que mais chama a atenção é sua relação com a fácies Aml, indicativo de que a fácies HFb deposita-se em quando o nível do mar está estável e em estreita proximidade com o continente, fato este reforçado pela abundância de fitoclastos. Supõe-se que se trata da sedimentação de uma laguna já em processo de colmatção, ou seja, ambiente protegido, em que há decantação pela lâmina d'água de bioclastos e chegada de siliciclásticos por fluxos hiperpicnais, cuja frequência é controlada pelo clima no continente. Este depósito é constantemente reelaborado por agentes biogênicos.





**Figura 32** – Fácies HFb. Arenito híbrido muito fino superior, bem selecionado, de coloração cinza. Com presença de muscovita, além de fitoclastos e bioclastos, levemente orientados, que são os dois principais aspectos diagnósticos desta fácies. Estas características são observadas em torno de 12,75m de profundidade.

### **Fácies Hgb**

Diagnose: Arenito híbrido com grânulos e bioclastos.

Interpretação: Resulta de fluxo hiperpicinal de alta energia capaz de agregar material carbonático.

Descrição: Arenito híbrido fino inferior/ fino superior, anguloso, mal selecionado. Além da grande concentração de grânulos e seixos, que tornam a rocha levemente conglomerática, há bioclastos sutilmente orientados segundo seu eixo maior. Composicionalmente observa-se quartzo, feldspato e muscovita, a argilosidade varia em torno de 25 - 35%. É comum a identificação de bioturbações. A coloração típica da fácies é cinza claro (pela carta de cores de Munsell tem-se: Light gray nº 7, Greenish gray 5GY 6/1). Em uma análise petrográfica observou-se matriz margosa com ascídias e nanofósseis, além de diversos bioclastos como: bivalves, equinóides, foraminíferos, moluscos e algas (**Figura 33**).

Discussão: A fácies Hgb encontra-se apenas no topo do testemunho, com distribuição bastante restrita, porém com grande espessura (escala métrica). É possível observá-la apenas nas profundidades de 19,80m e 41,70m. Esta fácies encontra-se associada à outras fácies híbridas (HFb e Hb) e possui características de deposição em ambiente marinho de mais alta

energia com grande aporte de siliciclásticos. Fluxos hiperpicnais de energia elevada, além de transportar material siliciclástico de maior granulometria, são capazes de erodir o substrato de regiões proximais e incorporar material carbonático de diferentes tamanhos. Esta fácies, ao contrário das que se encontram nas suas proximidades, indicam períodos de maior energia que podem estar associados à variações do nível do mar, tanto transgressão (como aparenta ser o caso observado em 41,70m) quanto leve regressão (provavelmente indicado em 19,80m pela associação entre Hgb e HFb).



**Figura 33** – Fácies Hgb. Arenito híbrido fino superior, muito mal selecionado, com presença de grânulos dispersos. Apresenta coloração cinza e elevada proporção de bioclastos inteiros e fragmentados. Estas feições são identificadas em duas porções bem definidas, em torno de 19,80m e 41,70m.

### **Fácies Hba**

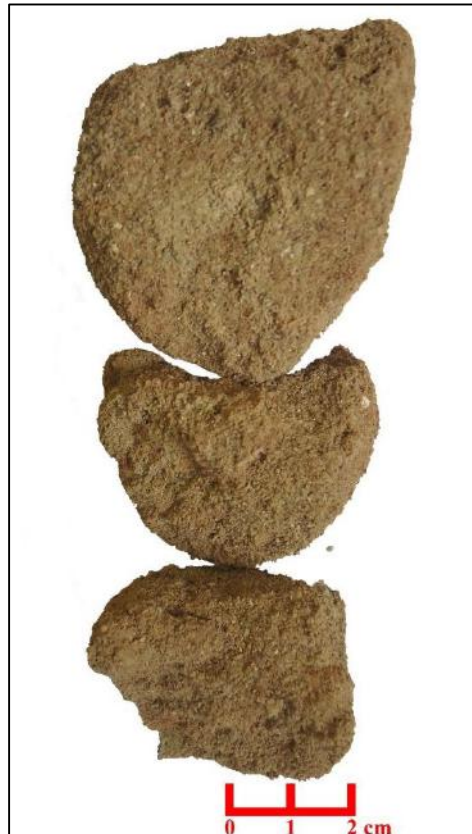
Diagnose: Arenito híbrido friável/ inconsolidado com bioclastos amarelado.

Interpretação: Resulta de fluxo hiperpicnal de moderada a alta energia capaz de agregar material carbonático com oxidação posterior.

Descrição: Arenito híbrido, ou seja, rocha constituída por uma mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. Material extremamente friável e bioturbado, em alguns intervalos apresenta-se inconsolidado, a fração arenosa dominante é média superior, subangulosa, mal a moderadamente selecionada. Composicionalmente há quartzo, sendo

possível observar nódulos de ferro. A argilosidade é baixa (varia em torno de 5%) e os bioclastos são abundantes. Apresenta-se com coloração amarelada (pela carta de cores de Munsell tem-se: Dark yellowish orange 10YR 6/6, Dusky yellow 5Y 6/4). A partir de lâminas delgadas foi possível identificar matriz carbonática composta por cristais diminutos (nanofósseis) e raras ascídias, além de abundantes bioclastos, principalmente bivalve, molusco, equinoide, foraminíferos, coral, briozoário, ostracode e algas (**Figura 34**).

Discussão: A fácies Hba encontra-se apenas no topo do testemunho de sondagem, com distribuição bastante restrita. É possível observar esta fácies nas cotas 30,10m; 52,55m e 55,80m. A fácies encontra-se relacionada à fácies híbrida (na base) e heterolítica (no topo), esta associação mostra um ambiente marinho franco, com a chegada de fluxos hiperpicinais, sendo que o de maior aporte de siliciclásticos ficou exposto durante uma pequena queda no nível do mar. A transgressão foi retomada e como registro tem-se a fácies heterolítica. A fácies Hba é indicativa de um depósito gerado por fluxo hiperpicinal de moderada a alta energia, indicativo de períodos de maior pluviosidade no continente. Bioclastos de água rasa são remobilizados e incorporados ao fluxo. A coloração indica que o depósito sofreu oxidação, muito provavelmente por exposição, o que permite supor que se trata de um ambiente marinho relativamente raso.



**Figura 34**— Fácies Hba. Arenito híbrido médio superior, subanguloso, mal selecionado, alaranjado. Trata-se de um material extremamente friável e grande proporção de bioclastos inteiros e fragmentados. Estas características são observadas, principalmente, em torno de 30,10m de profundidade.

## **Fácies Hb**

Diagnose: Arenito híbrido com bioclastos.

Interpretação: Resulta da alternância entre fluxos hiperpicnais e decantação com posterior reelaboração biogênica.

Descrição: Arenito híbrido, ou seja, rocha constituída por uma mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. A fração arenosa varia entre areia muito fina superior e areia média superior, angulosa a subarredondada, muito mal a mal selecionada. Composicionalmente observa-se quartzo, muscovita e, em alguns casos, biotita. A argilosidade varia em torno de 25 - 45%. Bioclastos são abundantes, bioturbação frequente e a coloração cinza dominante (pela carta de cores de Munsell tem-se: Light gray nº 7, Light olive gray 5Y 6/1, Yellowish gray 5Y 7/2). A partir de lâminas delgadas identificou-se, além de uma matriz margosa com ascídias e nanofósseis calcários de diversos tamanhos, bioclastos carbonáticos como foraminíferos, bivalves, equinoides, moluscos e algas (**Figura 35**).

Discussão: A fácies Hb ocorre apenas na parte superior do testemunho de sondagem, sendo possível identificá-la nas seguintes cotas: 25,75m; 26,30m; 32,75m; 33,10m; 33,95m; 34,55m; 37,65m; 39,15m. A partir do perfil do testemunho do poço 2-MU-1-RJ aqui analisado é possível observar que a fácies Hb encontra-se associada à fácies híbridas e heterolíticas. A ocorrência da fácies Hgb (na base) e da fácies Hba e fácies heterolíticas (no topo) indicam que a fácies Hb é representativa de períodos de nível do mar alto com sedimentação típica de ambiente marinho franco, por isso a maior proporção de sedimentos carbonáticos. A ocorrência de transgressões marinhas criou as condições ideais para a deposição de fácies híbridas, a ocorrência de fácies heterolíticas no topo podem indicar tanto períodos de regressão marinha quanto períodos de maior pluviosidade no continente, ambos podem promover a chegada de maior quantidade de sedimentos continentais em ambiente predominantemente marinho.



**Figura 35** – Fácies Hb. Arenito híbrido fino superior, mal selecionado, com coloração cinza e bioclastos. Trata-se da fácies com maior proporção de material carbonático. Estes atributos são identificados, com pequenas variações, entre 32 e 39m.

- **FÁCIES HETEROLÍTICAS**

#### **Fácies Ia**

Diagnose: Intercalações entre arenito híbrido e argila.

Interpretação: Resulta de decantação e fluxos hiperpicnais intercalados com decantação de material carbonático com posterior reelaboração biogênica.

Descrição: Intercalações entre arenito híbrido e argilito constituindo um acamamento heterolítico do tipo fláser. O arenito híbrido possui granulometria variando entre areia muito fina superior e areia média superior, é subanguloso a anguloso, mal a bem selecionado. Composicionalmente nota-se quartzo e muscovita, o material apresenta cerca de 25-40% de argilosidade. Normalmente observa-se a presença de fitoclastos e de bioclastos. Material bioturbado sendo possível identificar tubos de thalassinoides. Coloração varia em tons de cinza e amarelo, no último caso identifica-se níveis oxidados (pela carta de cores de Munsell tem-se: Light olive gray 5Y 6/1, Yellowish gray 5Y 7/2). Com o auxílio de lâmina delgada verificou-se a ocorrência de matriz margosa rica em ascídias e nanofósseis calcários e bioclastos

carbonáticos como foraminíferos, ostracodes e bivalves. O argilito ocorre em camadas milimétricas não sendo possível observar maiores detalhes (**Figura 36**).

Discussão: A fácies Ia ocorre apenas na parte superior do testemunho de sondagem, 23,90m; 25,45m; 29,15m; 29,55m e 29,90m. A fácies Ia encontra-se intimamente associada à fácies híbridas, como Hb e Hba. A partir disto é possível afirmar que a mesma está relacionada à um ambiente francamente marinho. O ambiente encontra-se sujeito às variações do nível do mar e às variações climáticas que ocorrem no continente. Para as porções cinzas, intimamente associadas com a fácies Hb, sugere-se que o depósito tenha sido gerado em períodos de maior pluviosidade, o que aumenta o aporte de sedimentos, transportados tanto por tração quanto por suspensão, oriundos do continente. Já as porções mais oxidadas, associadas à fácies Hba, podem ter sido geradas em períodos de nível do mar mais baixo, o que aumenta a influência do sistema fluvial no ambiente marinho, com posterior exposição subaérea.



**Figura 36** – Fácies Ia. Intercalações entre arenito híbrido e argilito formando acamamento heterolítico do tipo fláser. Predomínio de coloração cinza, nota-se a presença de bioclastos. Estas características são observadas, principalmente, em torno de 29m de profundidade.

### **Fácies Is**

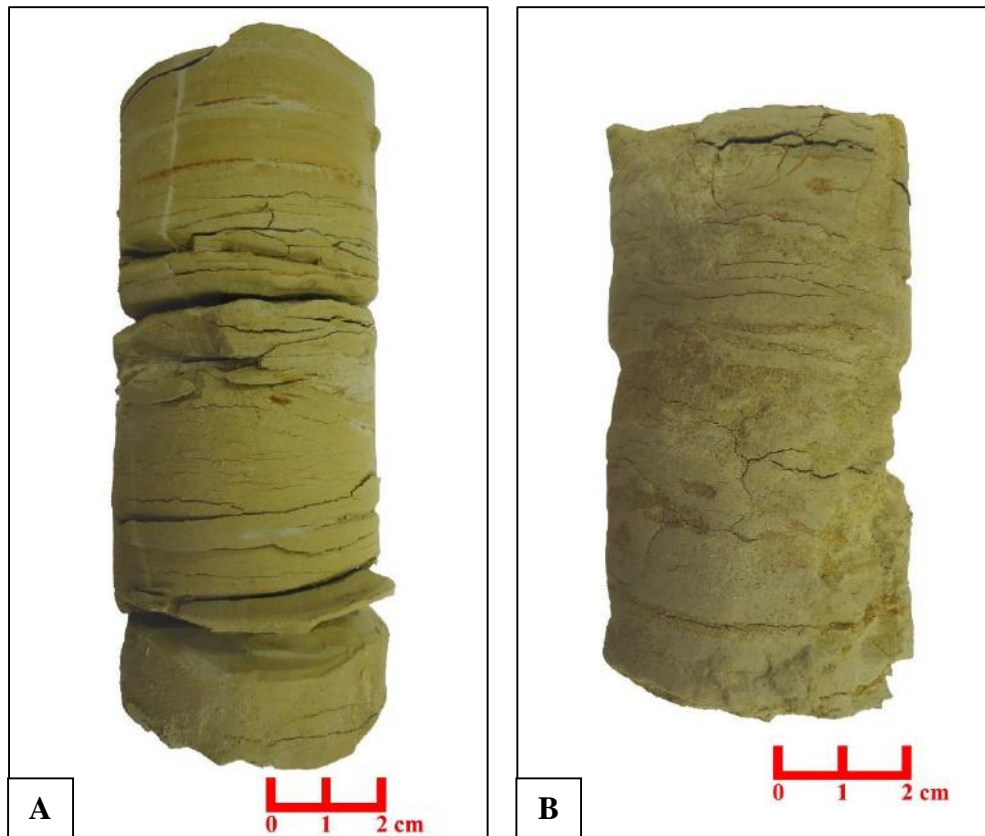
Diagnose: Intercalações entre siltito híbrido e arenito.



Interpretação: Resulta da decantação de material carbonático intercalada com fluxos hiperpicnais com posterior reelaboração biogênica.

Descrição: Intercalações entre siltito híbrido, ou seja, rocha constituída por uma mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens e arenito, constituindo um acamamento heterolítico do tipo linsen. A fração arenosa encontra-se disposta em camadas descontínuas milimétricas, a granulometria varia desde areia fina superior a areia média superior com raros grânulos. Clastos são subangulosos, mal selecionados, compostos essencialmente por quartzo, com cerca de 60% de argilosidade. Identifica-se a ocorrência de bioclastos em um material bastante bioturbado onde é possível observar tubos de thalassinoides. Apresenta coloração amarelada (pela carta de cores de Munsell tem-se: Yellowish gray 5Y 7/2) com manchas de oxidação. Com auxílio de lâmina delgada foi possível observar material fino detrítico e matriz margosa com fragmentos de ascídias e nanofósseis calcários, além de fragmentos de concha de bivalves (**Figura 37a e 37b**).

Discussão: A fácies Is ocorre apenas na parte superior do testemunho. É identificada apenas na cota 52,50m, com mais de 3m de espessura e encontra-se intimamente associada à fácies híbrida Hba e à fácies arenítica Ao. Indica condições intrínsecas ao começo da transgressão marinha, período de nível do mar em ascensão em que há lâmina d'água bastante espessa e o ambiente marinho está sendo instalado. Ocorre a decantação de material fino, carbonático e detrítico, e a fração arenosa de origem continental chega ao meio por fluxos hiperpicnais de baixa a moderada energia, estes são relativamente frequentes. A reelaboração biogênica não é capaz de homogeneizar todo o material, sendo possível identificar lâminas milimétricas e descontínuas de areia. A coloração indica que os sedimentos sofreram exposição subaérea, isto associado à ocorrência da fácies arenítica Ao remete à uma pequena queda do nível do mar durante o evento transgressivo. Esta queda gerou não só a exposição da fácies Is, como também criou as condições ideais para a sedimentação de Ao.



**Figura 37** – Fácies Is. (A) Rocha com coloração amarelada que exhibe intercalações entre siltito híbrido e delgadas camadas de arenito. Estas intercalações compõem um acamamento heterolítico do tipo linsen. As características já mencionadas são observadas em torno de 52,50m de profundidade e (B) Variação que ocorre na fácies Is. Note que o material, ainda com coloração amarelada, exhibe maior proporção de fração arenosa, mas, ainda assim, forma um acamamento heterolítico do tipo linsen. Nesta amostra é possível identificar bioturbação.

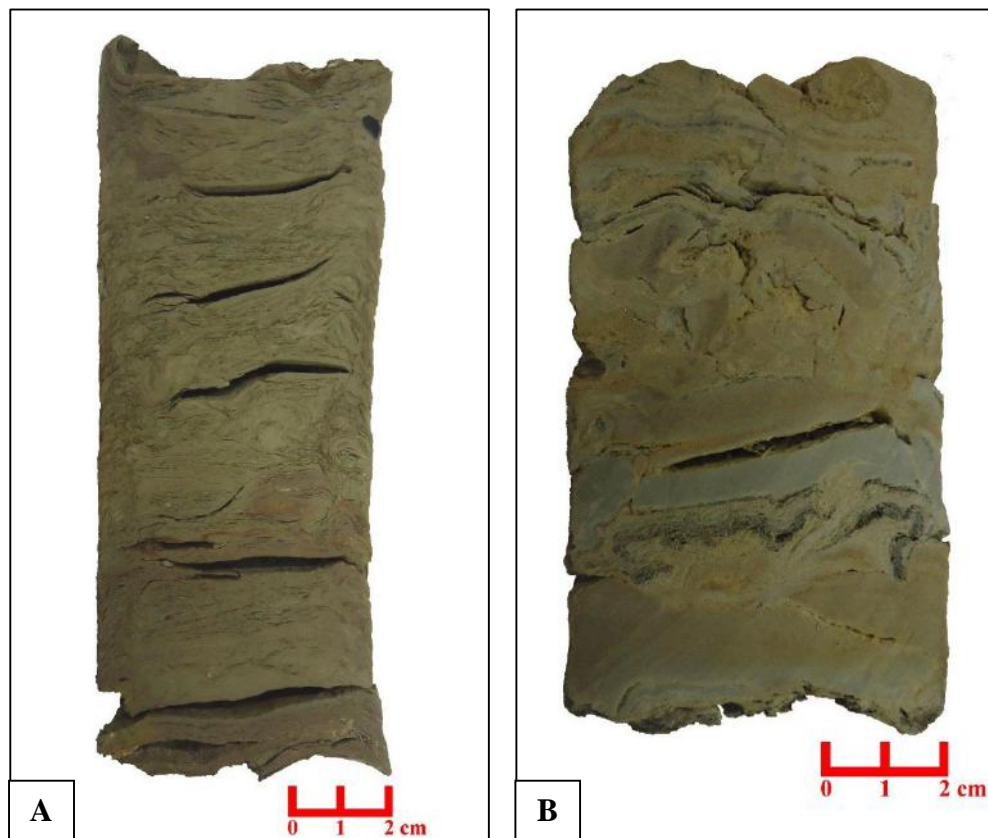
### Fácies IF

Diagnose: Intercalações entre arenito e argilito com fitoclastos.

Interpretação: Resulta da intercalação entre decantação e eventos esporádicos de fluxo trativo unidirecional.

Descrição: Intercalações entre camadas centimétricas de argilito e camadas milimétricas de arenito. A proporção entre os constituintes é variável, porém é mais comum o predomínio de argila, o que constitui um acamamento heterolítico do tipo linsen. A fração arenosa apresenta granulometria que varia desde areia muito fina inferior até areia média superior, angulosa a subangulosa, mal selecionada e, em termos composicionais, há abundância de quartzo e muscovita, podendo ocorrer feldspato e biotita. A argilosidade varia, de acordo com a proporção de areia, em torno de 25-80%, normalmente observa-se um material bioturbado com abundante ocorrência de fitoclastos. Apresenta coloração variando em tons de cinza e marrom (pela carta de cores de Munsell tem-se: Medium gray nº 6, Very light gray nº 8, Light brownish gray 5YR 6/1) (**Figura 38a e 38b**).

Discussão: A fácies IF ocorre em camadas espessas, apenas no topo do testemunho de sondagem. É possível identificar litologias com as características supracitadas nas cotas: 59,25m; 60,10m; 63,55m; 65,60m; 66,90m; 67,70m e 72,20m. Esta fácies encontra-se intimamente associada com fácies areníticas como Amf e Ac, sendo este um forte indicativo de que se trata de um sistema parálico. Assume-se que a fácies IF seja representativa de uma planície de maré, mais especificamente um supramaré, ou seja, porção da planície de maré de mais baixa energia e mais proximal ao continente, onde preferencialmente forma-se acamamento heterolítico do tipo linsen. Este sistema parálico substitui o sistema fluvial quando o nível do mar começa a subir. A chegada de fração arenosa é recorrente devido à forte influência de sedimentos continentais (fluviais), em períodos de maior energia fluvial formam-se verdadeiros depósitos de canal cortando a planície de maré. No topo, a fácies IF está intimamente associada à fácies híbridas, como Hba, o que reforça a ocorrência de uma transgressão marinha. Com o aumento da lâmina d'água o sistema parálico deu lugar, progressivamente, à um sistema marinho aberto com ampla decantação de microfósseis carbonáticos.



**Figura 38** – Fácies IF. (A) Material marrom que exhibe intercalações entre argilito e delgadas camadas de arenito. Estas intercalações compõem um acamamento heterolítico do tipo linsen. Após a testemunhagem, ocorreu contração da argila gerando as cavidades observadas na imagem. As características mencionadas acima são observadas em torno de 60m de profundidade e (B) Note que o material, ainda marrom, exhibe maior proporção de fração arenosa. Nesta amostra é possível identificar bioturbação e grande proporção de fitoclastos, feição diagnóstica desta fácies.

## • FÁCIES LUTÍTICAS

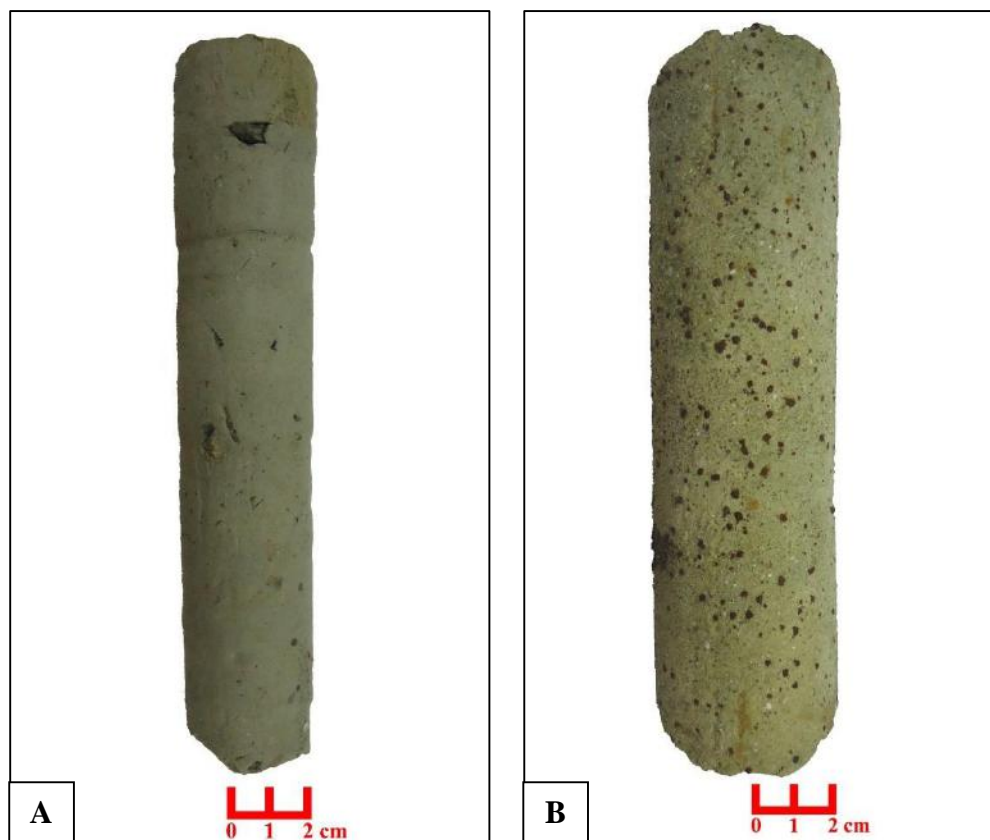
### Fácies Lc

Diagnose: Argilito arenoso/ Argilito síltico/ Argilito cinza.

Interpretação: Resulta, predominantemente, de processo decantativo (material fino) em meio subaquoso.

Descrição: A fração arenosa observada é areia fina superior, subangulosa, mal selecionada, essencialmente de composição quartzosa, a argilosidade do depósito varia em torno de 60%. Em alguns intervalos o argilito apresenta-se com elevada proporção de silte e são ricos em fitoclastos, são bem selecionados e possuem maior argilosidade (cerca de 80%). O argilito, quando ocorre sem qualquer mistura, apresenta argilosidade em torno de 90%. Pode ser observada a ocorrência de grânulos de quartzo e feldspato e nódulos de ferro (siderita). Uma das feições diagnósticas desta fácies é o predomínio de tons de cinza (pela carta de cores de Munsell tem-se: Greenish gray 5GY 6/1, Light brownish gray 5YR 6/1, Light gray nº7) (**Figura 39a e 39b**).

Discussão: A fácies Lc ocorre em camadas não muito espessas. Encontra-se tanto na porção superior, cerca de 42,35m, quanto na porção mais basal do testemunho, nas cotas: 75,90m; 78,00m e 104,70m. Trata-se de um depósito continental com amplo predomínio de decantação, sendo que em períodos de maior energia é possível a ocorrência de fluxos trativos. Trata-se de uma planície de inundação, que por vezes recebe maior aporte de frações silto-arenosas. Esta região é recorrentemente retrabalhada por ação biogênica, o que homogeneiza o depósito. Na parte superior do testemunho esta fácies encontra-se intimamente associada a fácies Ao e as fácies híbridas, o que indica que se trata do depósito final do canal fluvial que pedia espaço devido à transgressão marinha. Já na parte basal a fácies Lc encontra-se associada à fácies Ac, esta associação pode ser entendida como deposição de um sistema fluvial levemente meandrante em períodos de clima mais úmido, quando há maior disponibilidade de finos, além de maior energia capaz de levar sedimentos silto-arenosos até a planície de inundação.



**Figura 39** – Fácies Lc. (A) Argilito levemente siltico, cerca de 80% de argilosidade, bem selecionado, de coloração cinza claro, rico em fitoclastos. As características mencionadas acima são observadas entre 75,15 e 75,90m de profundidade e (B) Variação da fácies Lc. Note que o material, ainda de coloração acinzentada, exibe alguma proporção de fração arenosa. Trata-se de um argilito arenoso, com cerca de 70% de argilosidade e grande proporção de nódulos de ferro (siderita). Estas feições são observadas em torno de 104m de profundidade.

### Fácies La

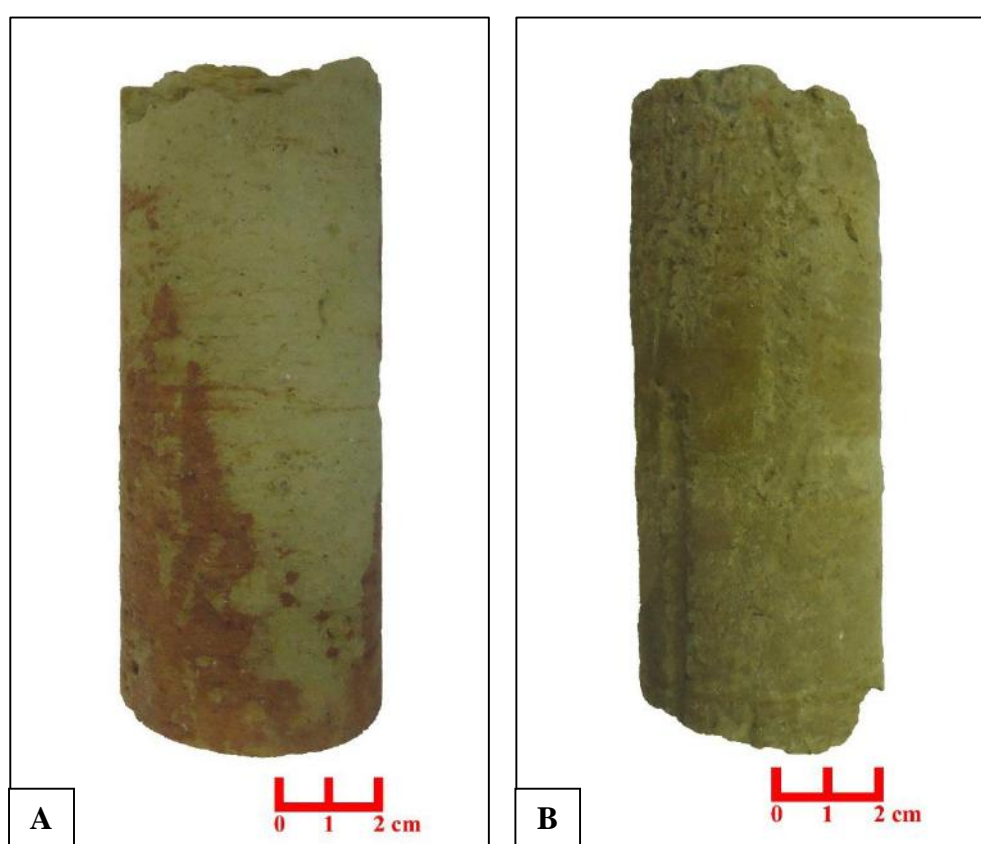
Diagnose: Siltito arenoso/ Siltito/ Argilito arenoso/ Argilito siltico/ Argilito amarelado.

Interpretação: Resulta, predominantemente, de processo decantativo (material fino) em meio subaquoso, com posterior oxidação.

Descrição: Argilito e siltito com argilosidade bastante variável, normalmente entre 40 - 80% a depender da proporção de fração silto-arenosa. Quando presente, a areia varia desde muito grossa inferior até muito fina superior, subangulosa, bem a moderadamente selecionada, de composição quartzo-feldspática. Por vezes a proporção de areia aumenta e forma camadas milimétricas. Normalmente o material encontra-se bioturbado, e as bioturbações preenchidas por material arenoso. A coloração típica desta fácies varia em tons de amarelo (pela carta de cores de Munsell tem-se: Moderate yellow 5Y 7/6; Dusky yellow 5Y 6/4; Yellowish gray 5Y 7/2) (**Figura 40a e 40b**).

Discussão: A fácies La ocorre exclusivamente na parte mais basal do testemunho de sondagem, nas seguintes profundidades: 84,00m; 86,10m; 105,40m; 110,65m; 158,50m;

163,90m; 164,25m; 179,30; 182,80m. Apresenta características de deposição em ambiente continental, onde se intercalam períodos de deposição e de exposição subaérea. Esta fácies ocorre associada a fácies Afa e, secundariamente as fácies Amf e AaF. A associação indica a deposição de um sistema fluvial levemente meandrante, em condições de clima um pouco mais seco, ou seja, há menor disponibilidade de sedimentos finos, principalmente argila, sendo mais comum a decantação de silte na planície de inundação. Os fluxos esporádicos de maior energia são responsáveis por carregar sedimentos arenosos até a planície de inundação e a homogeneização do depósito ocorre por ação biogênica. A menor lâmina d'água favorece a exposição subaérea e, conseqüentemente, a oxidação.



**Figura 40** – Fácies La. (A) Argilite arenoso, com cerca de 70% de argilosidade, cuja coloração é amarelada com manchas avermelhadas. As características mencionadas acima são observadas em torno de 107m de profundidade e (B) Note que o material, um argilite siltico com elevada argilosidade, apresenta coloração acastanhada. Material apresenta-se bioturbado e pode ser observado na porção mais basal do testemunho, em torno de 182,80m.

### 9.3 Sucessão de fácies

A partir do perfil lito-faciológico (**Apêndice C**) e da caracterização de fácies (**Quadro IVa e IVb**) foi possível agrupar as 16 fácies sedimentares em cinco sucessões de fácies, ou seja,



cinco intervalos associados a diferentes estágios de sedimentação. Estes intervalos estão sumarizados no **Quadro V** e permitem a interpretação do paleoambiente deposicional.

**Quadro V** – Síntese dos intervalos identificados no testemunho do poço 2-MU-1-RJ.

| INTERVALO | PROFUNDIDADE          | DIAGNOSE  | PALEOAMBIENTE    |
|-----------|-----------------------|---|------------------|
| 1         | 200,00 a 68,00 metros | Sucessão de fácies caracterizada pelas fácies Ac, Afa, Amf, AaF Lc e La | Fluvial          |
| 2         | 68,00 a 42,00 metros  | Sucessão de fácies caracterizada pelas fácies IF, Hba, Is e Ao.         | Planície de maré |
| 3         | 42,00 a 30,00 metros  | Sucessão de fácies caracterizada pela fácies Hb.                        | Marinho          |
| 4         | 30,00 a 12,00 metros  | Sucessão de fácies caracterizada pelas fácies Ia, HFb e Hgb.            | Lagunar          |
| 5         | 12,00 a 0,00 metros   | Sucessão de fácies caracterizada pelas fácies Aam, Aml e Amf.           | Fluvial          |

É possível associar cada um dos cinco intervalos definidos a certas fácies mais recorrentes e diagnósticas de certos paleoambientes.

- A sucessão de fácies representada pelo intervalo 1 (200,00 a 68,00m) é caracterizada pelas fácies areníticas Ac, Afa, Amf e AaF e pelas fácies lutíticas Lc e La.  
É distinguida das demais pela presença de areias e arenitos feldspáticos, médios a grossos, friáveis, por vezes oxidados ou estratificados, contendo grânulos e seixos. Identifica-se, ainda, argilitos cinza e acastanhados (oxidados).
- A sucessão de fácies representada pelo intervalo 2 (68,00 a 42,00m) é definida por uma base composta por rochas com acamamento heterolítico (fácies IF) e para o topo começa a ocorrer rochas híbridas e heterolíticas, representadas pelas fácies Hba e Is, respectivamente. Em cerca de 48,00m de profundidade observa-se a ocorrência de rochas areníticas da fácies Ao.  
É caracterizada pela presença de rochas com acamamento heterolítico (flaser e linsen), sendo comum a presença de fitoclastos na base. Rochas híbridas aparecem sotopostas a rochas areníticas com tons acastanhados e amarelados.

- A sucessão de fácies representada pelo intervalo 3 (42,00 a 30,00m) é definida pela fácies Hb e configura-se como a porção do testemunho com maior porcentagem de grãos carbonáticos compondo as rochas híbridas.

É individualizada pela presença de arenitos híbridos cuja granulometria varia de fina a média. Matriz margosa composta por nanofósseis calcários ou indiferenciada é abundante, assim como os bioclastos.

- A sucessão de fácies representada pelo intervalo 4 (30,00 a 12,00m) é diagnosticada pela fácies heterolítica Ia e pelas fácies híbridas HFb e Hgb.

É distinguida das demais pela presença de rochas híbridas, algumas formando acamamento heterolítico do tipo flaser outras ricas em bioclastos ou fitoclastos. Diminui expressivamente a proporção de matriz margosa e nota-se um aumento expressivo em sedimentos siliciclásticos.

- A sucessão de fácies representada pelo intervalo 5 (12,00 a 0,00m) é caracterizada pelas fácies Aam, Aml e pela variação mais micácea da fácies Amf.

É individualizada pela presença de areia média, micácea, com feldspato e mal selecionada. Arenitos finos, argilosos, micáceo, oxidados ocorrem subordinadamente.

Baseado nas sucessões de fácies e no tipo de depósito é possível afirmar que o intervalo basal (200,00 a 68,00m) representa um típico depósito fluvial, que migra para um ambiente parálico, provavelmente uma planície de maré que se instalou no começo de uma transgressão marinha (68,00 a 42,00m). Com o progressivo aumento da lâmina de água forma-se um paleoambiente marinho (42,00 a 30,00m), provavelmente ainda em um contexto de nível do mar alto começa uma sedimentação lagunar (30,00 a 12,00m) e, colmatando o sistema lagunar, implanta-se um ambiente fluvial recente (12,00 a 0,00m).

É de extrema importância frisar que a recuperação dos intervalos 1 (200,00 – 68,00m) e 5 (12,00 a 0,00m) é extremamente baixa. Consequentemente, é plausível considerar, nestas profundidades, a possibilidade da existência de registros que não foram recuperados e que podem ser indicativos de diferentes paleoambientes deposicionais.

Dada a dificuldade em posicionar o material estudado no tempo geológico e correlacioná-lo com os diversos modelos evolutivos existentes foram selecionadas três amostras para datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ). Utilizou-se conchas e matéria orgânica em uma tentativa de saber a idade aproximada do depósito (**Quadro VI**).

Os resultados (chegar relatório fornecido pelo laboratório – **Anexo I**) não conferiram idade precisa para o material datado. Isto ocorre porque o método só é capaz de realizar datações

de materiais com no máximo 40.000 anos AP, ou seja, é bastante preciso e eficaz para sedimentos holocênicos.

Sabe-se que não se trata de sedimentação holocênica e que o material estudado é mais antigo do que 40.000 anos AP, provavelmente pleistocênico.

**Quadro VI** – Dados obtidos com a datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ).

| <b>Profundidade da amostra</b> | <b>Material datado</b> | <b>Resultado obtido</b> |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 13,20m                         | Conchas                | > 43.500 AP             |
| 37,70m                         | Conchas                | >43.500 AP              |
| 59,00m                         | Matéria orgânica       | 39.990 +/- 460 BP       |

## 10. DISCUSSÕES

Concluída a descrição do testemunho do poço 2-MU-1-RJ, foram identificadas 16 fácies sedimentares, a partir das quais foi possível supor os processos geradores das rochas descritas.

São raros os trabalhos que propõem fácies para o complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. Araújo & Beurlen (1975) descreveram, para a parte emersa desta planície quaternária, fácies areníticas com silte e argila, além de conchas e nanofósseis que podem ser correlacionadas com as fácies híbridas identificadas no topo do testemunho (fácies HFb e Hb).

Rochas híbridas nunca foram mencionadas em trabalhos anteriores. Optou-se por esta classificação devido à elevada proporção de material carbonático. Em alguns casos, como na fácies Hb, acredita-se que bioclastos e nanofósseis carbonáticos sejam os constituintes mais abundantes, algo que não fora observado por Araújo & Beurlen (1975) que após descrever o depósito classificaram-no como arenítico.

Com o intuito de propor um paleoambiente deposicional as fácies foram agrupadas em cinco intervalos associados a diferentes estágios de sedimentação, ou seja, cinco sucessões de fácies.

A sucessão de fácies representada pelo intervalo 1 (200,00 - 68,00m), com seus ciclos granodecrescentes ascendentes de arenitos feldspáticos, por vezes estratificados sobrepostos por argilitos e siltitos, relacionam-se ao preenchimento de um provável vale tectônico em período de nível do mar baixo e estável. Dado o tipo de depósito e o fato de se tratar de uma região plana e mal drenada de clima úmido acredita-se que se este seja o registro de um sistema fluvial levemente meandrante.

As sucessões de fácies representadas pelos intervalos 2 (68,00 – 42,00m) e 3 (42,00 – 30,00m) estariam associados a uma fase transgressiva com sucessivo aumento da lâmina de água e diminuição do aporte fluvial. O intervalo 2, interpretado como uma planície de maré exibe em sua base rochas com acamamento heterolítico, ricas em fitoclastos que registram o começo da subida do nível do mar, fazendo com que um ambiente tipicamente continental passe para um parálico. Com o sucessivo aumento da lâmina de água começou a formação de rochas híbridas.

A presença de rochas híbridas com acamamento heterolítico e rochas areníticas oxidadas com presença de nódulos de ferro (siderita) e minerais com capas de oxidação representam um período marcado por oscilações do nível do mar. As rochas híbridas formaram-se em períodos de nível do mar mais alto e os arenitos oxidados representam uma superfície de exposição subaérea.

A sucessão de fácies definida para o intervalo 3 (42,00 – 30,00m) caracteriza-se como um período de mar alto, com formação de rochas híbridas que contém maior proporção de grãos carbonáticos em relação às demais.

A sucessão de fácies caracterizada pelo intervalo 4 (30,00 – 12,00m) é caracterizado por rochas híbridas, porém percebe-se um aumento no aporte de sedimentos siliciclásticos continentais. A base é identificada pela presença de rochas com acamamento heterolítico marcando o momento que começa a maior chegada de sedimentos continentais. Intercalada às rochas híbridas ocorrem pequenas porções de rochas areníticas que identificam períodos de maior energia fluvial. O topo do intervalo é diagnosticado por rochas híbridas formadas em maior proximidade com o continente, esta proximidade é evidenciada pela elevada proporção de fitoclastos e grãos de quartzo, feldspato, biotita e muscovita indicando a presença de um sistema fluvial próximo.

Por vezes ocorrem depósitos com elevada concentração de grânulos, seixos e bioclastos inteiros e fragmentos mostrando eventos de maior energia do sistema fluvial que se torna capaz de não só transportar como retrabalhar sedimentos previamente depositados. Esta íntima relação com sistemas continentais e as características do depósito remete a uma sedimentação lagunar, provavelmente ainda em nível do mar alto.

Usa-se a tectônica como um artifício capaz de explicar a espessura dos intervalos 3 e 4 (~30m). Sabe-se que a maior superfície de inundação identificada no Quaternário do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul é a de 120.000 anos AP, na qual o mar atingiu 8m acima do atual, para depositar toda esta sucessão de rocha híbrida é necessário que outro mecanismo gere espaço de acumulação na bacia.

Assume-se que o mar começou a subir através de um vale tectônico e extravasou formando um ambiente marinho aberto, sem necessariamente ter atuação direta de onda, já que não se identifica qualquer estrutura sedimentar que indique tal processo. Este cenário foi montado com o intuito de criar as condições ideais para a preservação dos diferentes bioclastos identificados nas rochas destes intervalos.

Tomaz, (2001) identificou na região dois padrões estruturais distintos. Além das estruturas NE-SW associadas à abertura da bacia de Campos e à quebra da plataforma continental, há um padrão de falhamento ESE-WNW na parte emersa da bacia de Campos. Este falhamento secundário ESE-WNW está intimamente associado ao *Rift* Continental do Sudeste Brasileiro, de idade paleogenica, e provavelmente esta estrutura condicionou a abertura do vale tectônico interpretado a partir da sucessão sedimentar do poço 2-MU-1-RJ.

Por fim, a sucessão de fácies definida para o intervalo 5 (12,00 – 0,00m) foi interpretada

como um sistema fluvial recente que se instalou após a colmatação do sistema lagunar ainda em nível do mar alto. É de extrema importância ressaltar que a recuperação desta porção do testemunho é extremamente baixa dada a natureza do material, logo não é possível fazer qualquer afirmação precisa.

O padrão de sucessão aponta para deposição em um possível paleoambiente estuarino. Este modelo paleoambiental corrobora com o proposto por Bacoccoli (1971), que sugere que os deltas presentes na margem leste do Brasil sofreram evolução semelhante, sempre a partir de um estuário existente como resultado de uma transgressão marinha.

Confirma também o colocado por Araújo & Beurlen (1975). Eles sugerem, em um primeiro momento, que a construção do complexo deltaico foi controlada por um paleovale pleistocênico, através do qual iniciou-se a transgressão marinha.

Assume-se que não se trata de uma típica sedimentação estuarina. A presença de fácies heterolíticas remete a um estuário dominado por maré, mais especificamente a sedimentação em uma planície de maré que se desenvolve adjacente aos canais de maré e ao longo dos lados do estuário. São áreas cobertas com água do mar durante a maré alta e expostas na maré baixa.

A fauna identificada em algumas fácies sedimentares indicam um ambiente marinho de água rasa, concordante com o modelo paleoambiental proposto. Contudo nanofósseis calcários são tidos, tradicionalmente, como indicadores de um ambiente marinho aberto que respondem rapidamente às variações de temperatura, salinidade, espessura da lâmina de água, disponibilidade de nutrientes e turbidez da água.

Alday *et al.* (2005) discutiram o registro micropaleontológico do estuário holocênico do rio Mira, sudoeste de Portugal. Os autores caracterizaram zonas de foraminíferos bentônicos e zonas de nanofósseis calcários e, a partir delas, promovem uma discussão e interpretação paleoambiental.

A interpretação realizada por Alday *et al.* (2005) em muito se assemelha com o que foi observado e interpretado para o testemunho do poço 2-MU-1-RJ. Esta correlação é bastante nítida, apesar da diferença de idade deposicional e de não ter sido feito um estudo micropaleontológico para o testemunho, realizou-se apenas a identificação dos locais onde há bioclastos, micro e nanofósseis.

O estágio de sedimentação A destes autores corresponde a sucessão de fácies definida para o intervalo 1. Este estágio é caracterizado pela ausência de foraminíferos ou qualquer outro indicador de ambiente marinho, inclusive nanofósseis calcários. É interpretado como um ambiente terrestre, representado por uma fase inicial de sedimentação fluvial de alta energia.



O estágio B é caracterizado pelo começo do aparecimento da assembleia de foraminíferos e de nanofósseis, este pulso foi seguido pela instalação de um ambiente marinho caracterizado por uma diversa e abundante assembleia de foraminíferos típicos de água salgada e uma grande diversidade de nanofósseis (estágio C). Isto corresponde, em linhas gerais, ao que foi observado nos intervalos 2 e 3, respectivamente.

O estágio D é representado por condições mais restritas em relação ao máximo marinho do estágio C, contém uma mistura entre foraminíferos de água salobra e marinhos e os nanofósseis tornam-se menos abundantes, porém ainda presentes. Por fim, o estágio E caracteriza-se pela ausência de conteúdo micropalontológico, exatamente como foi observado nos intervalos 4 e 5 definidos para o poço 2-MU-1-RJ.

Com isto é possível afirmar que nanofósseis calcários são mais abundantes em condições de mar aberto, porém são encontrados com certa frequência em ambientes mais restritos, como estuários e lagunas. As variações de salinidade, turbidez, dentre outras inerentes a estes ambientes podem ocasionar florações anômalas, em que espécies oportunistas reproduzem-se de maneira elevada.

Apesar da imprecisão dos dados fornecidos pela datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) os resultados foram importantes para assumir que a cobertura holocênica é bastante delgada, provavelmente restrita ao intervalo 5 (12,00 a 0,00m), e que os demais intervalos interpretados são, provavelmente, parte da sucessão pleistocênica da porção emersa da bacia de Campos.

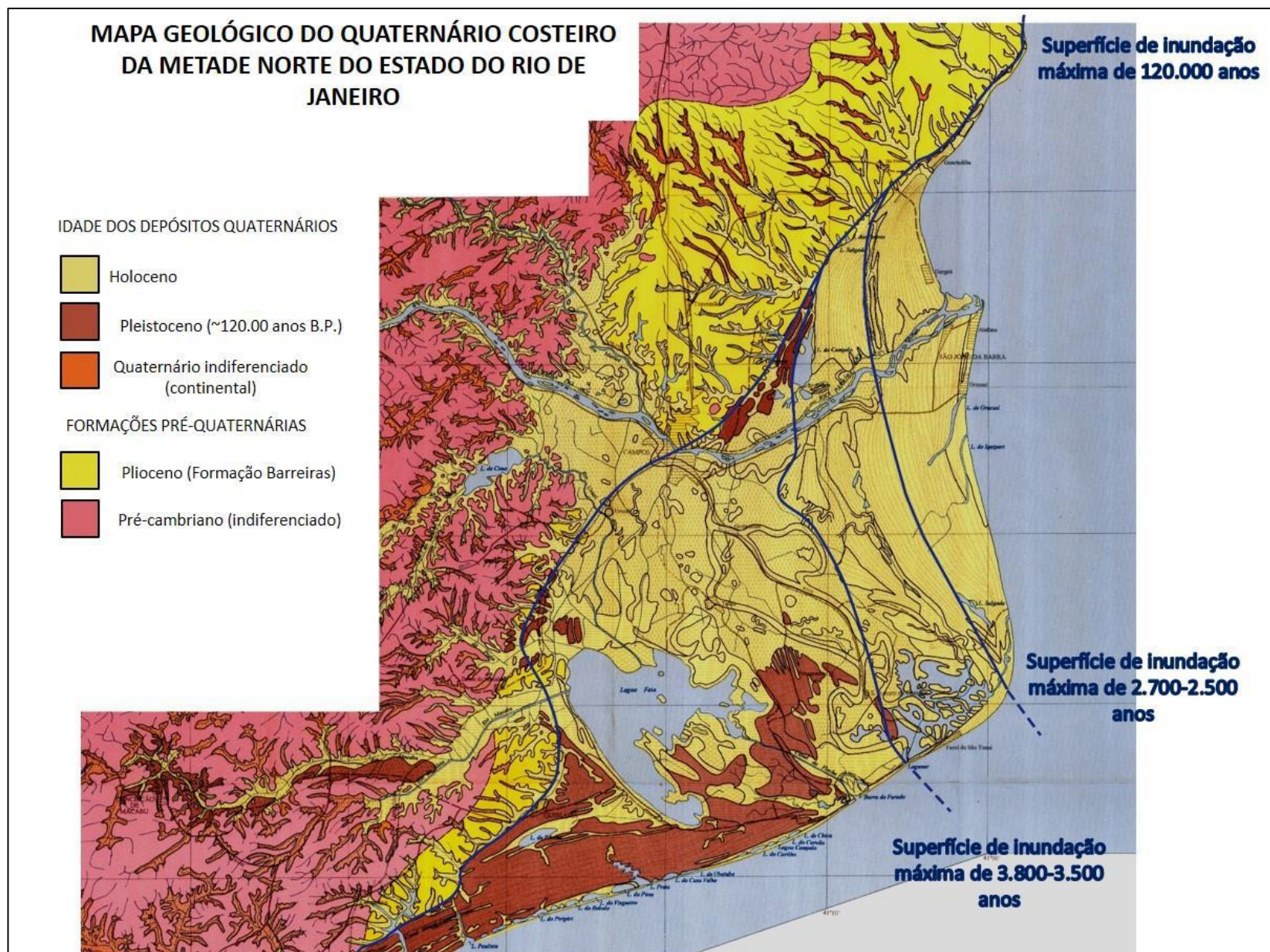
Como o intervalo 5 apresenta recuperação extremamente baixa (menor que 10%) não foi encontrado material passível de datação e não existem informações lito-faciológicas capazes de fornecer qualquer informação estratigráfica. Esperava-se encontrar, por exemplo, sedimentos lamosos da superfície transgressiva de 5.100 anos AP, devido à baixa recuperação não é possível afirmar se a transgressão não chegou ao local onde foi feita a perfuração ou se, simplesmente, o material não foi recuperado.

Buscou-se associar a transgressão com as clássicas superfícies de inundação máxima colocadas por diversos autores para o complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (**Figura 41**). É possível excluir as três superfícies holocênicas, são elas: 2.700 – 2.500 anos AP, 3.800 – 3.500 anos AP e a transgressão Flandriana de aproximadamente 5.100 anos AP. Dentre as transgressões pleistocênicas é de consenso geral que no litoral norte fluminense não há registros da superfície de inundação máxima mais antiga (210.000 anos AP), sendo a transgressão aqui identificada, provavelmente, correlacionável com a superfície de inundação máxima de 120.000 anos AP, período no qual o nível do mar esteve aproximadamente 8m acima do nível atual.

Os diversos modelos evolutivos colocados até então fornecem poucas informações sobre este registro pleistocênico. Isto ocorre porque os autores basearam-se quase que exclusivamente em informações geomorfológicas e depósitos superficiais, o que levou ao detalhamento apenas das feições holocênicas.

Os autores, baseados exclusivamente em dados de superfície, assumem que a transgressão, que culminou com a superfície de inundação máxima de 120.000 anos AP, foi responsável por entalhar os sedimentos da Formação Barreiras e parte do embasamento cristalino, formando uma linha de falésias. Esta é a única feição geomorfológica capaz de identificar esta transgressão, porém se observou, neste estudo, que baseado em material de subsuperfície é possível refinar estas informações através da inserção de dados paleoambientais.

Destaca-se que os modelos evolutivos, principalmente o de Martin *et al*, (1997), promovem um bom detalhamento do que teria sido a evolução holocênica do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. As informações paleoambientais pleistocênicas não foram mencionadas por nenhum autor, o que impede a realização de qualquer comparação entre os dados aqui levantados e os modelos propostos.



**Figura 41** – Mapa geológico do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul com as principais superfícies de inundação máxima. A superfície de 5.100 anos AP não está marcada, certamente as feições geomorfológicas que a identifica foram obliteradas por canais fluviais (modificado de Martin *et al*, 1997).

## 11. CONCLUSÕES

O presente trabalho, baseado em dados de subsuperfície, permite ampliar os conhecimentos e discussões a respeito da evolução de uma porção do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul.

Baseado na descrição e elaboração de um perfil lito-faciológico para o testemunho do poço 2-MU-1-RJ foi possível individualizar 16 fácies sedimentares, posteriormente agrupadas em cinco sucessões de fácies.

Os padrões de sucessão dos cinco intervalos indicativos de diferentes estágios de sedimentação apontam para deposição em possível paleoambiente estuarino.

Propõe-se que a transgressão pleistocênica (~ 120.000 anos AP) teria se iniciado a partir de um vale tectônico. Assume-se que com o começo da transgressão o sistema fluvial, que corria em um provável vale tectônico, foi sendo ocupado por águas salgadas fazendo com que o ambiente continental passasse para um ambiente parálico.

Com o progressivo aumento do nível do mar o vale foi sendo totalmente invadido até deixar de ser um ambiente confinado e formar um ambiente marinho um pouco mais aberto, provavelmente barrado por algum esporão arenoso que impedia a ação direta de ondas. Ainda com o nível do mar alto este ambiente marinho foi dando lugar a um ambiente lagunar com maior conectividade com o sistema fluvial do continente, sendo possível identificar um aumento na proporção de grãos siliciclásticos oriundos do continente.

Predominou uma sedimentação lagunar de relativa baixa energia até a colmatação desta paleolaguna com a instalação de um sistema fluvial recente.

Com isto é possível afirmar que um complexo deltaico contém diversos subambientes de sedimentação e sua construção e evolução estão intimamente associada à variações do nível relativo do mar. Não se trata exclusivamente de progradações deltaicas que avançam em nível do mar estável e retrogradam em períodos de oscilação do nível do mar.

Em relação aos modelos evolutivos propostos até então afirma-se que nenhum deles fornece um detalhamento para os eventos ocorridos no Pleistoceno. Entretanto a maior transgressão ocorrida no Quaternário deixou um registro sedimentar, em subsuperfície, que permite realizar algumas suposições e correlações com outros ambientes semelhantes ao redor do mundo e de diferentes idades.

Vale ressaltar que para o máximo da transgressão Flandriana (~5.100 anos AP) diversos autores colocam o desenvolvimento de uma paleolaguna ainda em mar alto. Este paleoambiente de sedimentação também está associado à transgressão de 120.000 anos AP, sugerindo um

empilhamento de paleoambientes relativamente semelhantes associados à estas duas grandes transgressões.

Reitera-se a necessidade de novas investigações de subsuperfície, que se mostraram extremamente importantes para o entendimento do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul e para aperfeiçoar e fomentar novas discussões sobre os modelos evolutivos propostos até então. O principal problema associado a dados de subsuperfície é a baixa recuperação devido à natureza friável e inconsolidada do material. A enorme perda identificada no testemunho do poço 2-MU-1-RJ e a dificuldade de comparar os dados com a literatura fomentam novos estudos na região.

## 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEVAP – Agência de Bacias. *In*: Aquafluxus, Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos. Transferências Hídricas. Disponível em: <http://aquafluxus.com.br/?p=2263>. Acessado em 09 jun 2014.
- ALDAY, M.; CEARRETA, A.; CACHÃO, M.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; GAMA, C. 2005. Micropaleontological record of Holocene estuarine and marine stages in the Corgo do Porto rivulet (Mira River, SW Portugal). *Estuarine, coastal and shelf Science*. Online. Vol. 66, p. 532 – 543.
- ARAÚJO, M.B.; BEURLIN, G. 1975. Projeto rio Paraíba do Sul: Sedimentação Deltaica Holocênica. PETROBRAS/RPBa, DIREX. Rio de Janeiro. Vol.1, n. 1649.
- ARGENTO, M.S.F. 1979. A planície deltaica do rio Paraíba do Sul: Um Sistema Ambiental. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 225p.
- ARGENTO, M.S.F. 1982. A planície deltaica do rio Paraíba do Sul: Um Sistema Ambiental. IV Simpósio do Quaternário no Brasil. CTCQ/SBG, Rio de Janeiro. Publicação Especial, vol. 2. p.117-134.
- AVBOVBO, A.A. 1978. Tertiary lithostratigraphy of Niger Delta. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 62(1). p. 295 -300.
- BACOCOLI, G. 1971. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros – uma tentativa de classificação. *Boletim Técnico da Petrobras. DIVEX/DEXPRO*. Rio de Janeiro. Vol.14, p. 5-38.
- BASTOS, A.C. & SILVA, C.G. 2000. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 48, n. 1, p. 41-60.
- BITENCOURT, P.R. 2006. Contribuição à análise de fácies de uma sucessão estratigráfica no delta do rio Paraíba do Sul (RJ). Trabalho de conclusão de curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 30p.



- BLUM, M.D. & ROBERTS, H.H. 2009. Drowning of the Mississippi Delta due to insufficient sediment supply and global sea-level rise. *Nature Geoscience*, published online, 28 jun. p. 488-491.
- BORGHI, L. 2000. Visão Geral da Análise de Fácies Sedimentares do Ponto de Vista da Arquitetura Depositional. Rio de Janeiro, Boletim Museu Nacional, 53. 26p. (Nova Série, Geologia).
- CHUKWU, J.N.; OKOSUN, E.A. & ALKALI, Y.B. 2012. Foraminiferal Biostratigraphy and Depositional Environment of Oloibiri-1 Well, Eastern Niger Delta, Nigeria. *Journal of Geography and Geology*, v.4, nº 4. ISSN 1916-9779.
- COLEMAN, J.M. & WRIGHT, L.D. 1975. Modern river deltas: variability of processes and sandstones bodies. *In*: BROUSSARD, M.L. ed. *Deltas, Models for Exploration*. Houston, Geol. Soc. p.99-150.
- CPRM. 2001. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. Brasília. 85p.
- DIAS, G.T.M. 1981. O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul. *In*: IV Simpósio do Quaternário no Brasil. Publicação Especial, nº2 (CTCQ/SBG). p. 58-88.
- DIAS, G.T.M.; SILVA, C.G.; MALSCHITZCKY, I.H.; PIRMEZ, C. 1984. A frente deltaica do rio Paraíba do Sul: seqüências sedimentares subsuperficiais. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Rio de Janeiro. Anais. SBG, v.1. p.98-104.
- DIAS, J.L.; SCARTON, J.C.; ESTEVES, F.R.; CARMINATTI, M. & GUARDADO, L.R. 1990. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos. *In*: Origem e evolução de bacias sedimentares (Ed. Gabaglia, G.P.R. & Milani, E.J.). PETROBRAS, CENSUD, Rio de Janeiro. p.333-360.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. e MARTIN, L. 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas à desembocadura dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 13. p.93-105.

DOMINGUEZ, J.M.L. 1990. Delta dominado por ondas: críticas às ideias atuais com referência particular ao modelo de Coleman & Wright. *Revista Brasileira de Geociências*, 20. p.352-361.

DOUST, H., & OMATSOLA, E. 1989. Niger Delta. *In: Divergent/passive Margin Basins* (Ed. EDWARDS, J. D., & SANTOGROSSI, P.A.). AAPG Memoir 48: Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, p. 239-248.

ETHRIDGE, F.G. & WESCOTT, W.A. 1984. Tectonic setting recognition and hydrocarbon reservoir potential of fan-delta deposits. *In: Sedimentology of Gravels and Conglomerates* (Ed. KOSTERS, E.H. & STEEL, R.J.). Mem. Can. Soc. Petrol. Geol. 10. p.217-235.

FISHER, W.L.; BROWN Jr., L.F.; SCOTT, A. J.; Mc GOWEN, J.H. 1969. Delta systems in the exploration of oil and gas. Bureau of Economic Geology, Universidade do Texas. 212p.

FRANKL, E.J. & CORDRY, E.A. 1967. The Niger Delta oil province: Recent development onshore and offshore. *In: Seventh World Petroleum Congress Proceedings, Mexico*, 2. p. 195-209.

GABAGLIA, G.P.R.; MILANI, E.J. 1991. Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. 2ª edição. Petróleo brasileiro S.A., Rio de Janeiro. 415p.

GALLOWAY, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. *In: Deltas - models for exploration* (Ed. BROUSSARD, M.L.). Houston, United States, Houston Geological Society, p.87-89.

GOULD, H.R. 1970. The Mississippi Delta complex. *In: Deltaic Sedimentation Modern and Ancient* (Ed. MORGAN, J.P. & SHAVER, R.H.). SEPM (Soc. Sedim. Geol.) Special publication, nº 15. p. 3-30.

GRASSI, A.D.A.; CASTRO, A.H.A. & ALBERTÃO, G.A. 2004. Bacia de Campos. *PHOENIX*, 65. p.1-6.

GUARDADO, L.R.; GAMBOA, L.A.P. & LUCCHESI, C.T. 1990. Petroleum geology of the Campos basin, Brazil, a model for a producing Atlantic type basin. *In: Divergent/passive*

margin basis (Ed. EDWARDS, J.D. & SANTOGROSSI, P.A.). American Association of Petroleum Geologists. Tulsa. Memoir, 48. p. 3-79.

HOLMES, A. 1965. Principles of Physical Geology, 2nd ed. Thomas Nelson, London, 1288p.

HOLMES, A. 1978. Principles of Physical Geology, 3rd ed. Thomas Nelson, London, 730p.

INFOPÉDIA – Enciclopédia de Dicionários Porto Editora. Banco de Recursos – Imagens. Disponível em: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-niger-mali,2](http://www.infopedia.pt/$rio-niger-mali,2). Acessado em 18 jun 2014.

LAMEGO, A.R. 1955. Geologia das Quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé. Div. Geol. Min., DNPM, 154, Rio de Janeiro.

LOPES, A.L.M. 2004. Análise da evolução sedimentar quaternária da plataforma continental sul da bacia de Campos com base em estratigrafia sísmica e sonografia. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia/Lagemar, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. 66p.

LYELL, C. 1853. Principles of Geology, 9th Ed. Londres, John Murray. 511p.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L & AZEVEDO, A.E.G. 1984. Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Rio de Janeiro. Anais. SBG, v.1. p.84-97.

MARTIN, L. & FLEXOR, J.M. 1987. Porque a planície costeira do rio Paraíba do Sul não pode ser denominada de “clássico delta dominado por ondas”. *In*: I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES. 1984. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBG, p.70-84.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 1987. Quaternary evolution of the central part of the Brazilian coast. The role of relative sea-level variation and of shoreline drift. *In*: Quaternary Coastal Geology of West Africa and South America. UNESCO. Report in Marine Science, 43. p. 97-145.

MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1989. Excursion route along the brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (North of State of Rio de Janeiro). *In*: International Symposium on global changes in South America during the quaternary. São Paulo. Proceedings

of International Symposium on global changes in South America during the quaternary. São Paulo: INQUA. p.68-121.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, M.J. 1993. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de "Deltas" brasileiros. *In*: Boletim de Geociências-USP, São Paulo, 1986. Publicação Especial, vol. 15. p.1-186.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L. & FLEXOR, J.M. 1997. Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM. p.112.

McPHERSON, J.G.; SHANMUGAM, G.; MOIOLA, R.J. 1987. Fan-deltas and braid deltas: varieties of coarse-grained deltas. *Bull. geol. Soc. Am.* 99. p.331-340.

MIALL, A.D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, 22(4), p.261-300.

MOHRIAK, W.U. 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. *In*: Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil (Ed. Bizzi L.A., Schobbenhaus R.M.V., Gonçalves J.H.). CPRM. p. 87-94.

MOORE, D.C. 1966. Deltaic sedimentation. *Earth Science Reviews*, 1. p.87-104.

MORAES, M.A.S. 1989. Diagenetic evolution of Cretaceous-Tertiary turbidite reservoirs, Campos Basin, Brazil. *The American Association of petroleum Geologists Bulletin*, 73, 5, p. 598-612.

MORAIS, R.M.O.; MELLO, C.L.; COSTA, F.O. & SANTOS, P.F. 2006. Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro. *Geologia USP (Série Científica)*, São Paulo, v. 6, n. 2. p. 19-30.

MORGAN, J.P. 1970. Deltaic sedimentation: modern and ancient. Tulsa, S.E.P.M. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 15. 312p.

NEMEC, W. 1990. Aspects of sediment movement on steep delta slopes. *In*: Coarse-framed deltas. (Eds A. Colella and D.B. Prior), Special Publication of the International Association of Sedimentologists, 10, p. 29-73. Blackwell, Oxford, International.

OWOYEMI, A. O. D. 2004. The sequence Stratigraphy of Niger Delta, Delta field, offshore Nigeria. M. Sc. Thesis Texas A&M University. 88 p.

RANGEL, H.D. & MARTINS, C.C. 1998. Principais compartimentos exploratórios, Bacia de Campos. *In: Searching for Oil and Gas in the Land of Giants*. Rio de Janeiro, Schlumberger-PETROBRAS. p. 32-40.

RAMOS, I.S. 2000. Delimitação, caracterização e cubagem da região de exploração de argila de Campos dos Goytacazes. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

READING, H.G. 1986. Facies. *In: READING, H.G. (Ed.). Sedimentary environments and facies*. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p.4-19.

REIJERS, T.J.A.; PETTERS, S.W. & NWAJIDE, C.S. 1996. The Niger Delta basin, sedimentary geology and sequence stratigraphy. *In: Selected chapters on geology (REIJERS, T.J.A. 1996)*. SPDC Corporate Reprographic Services, Warri.

RODRIGUES, A.G. Em preparação. Implicações paleoambientais da siderita eodiagenética nos depósitos do complexo deltaico do rio paraíba do sul. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCIENCE MAGAZINE. Restoration of the Mississippi Delta: Lessons from Hurricanes Katrina and Rita. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/content/315/5819/1679.figures-only>. Acessado em 16 jun 2014.

SELLEY, R.C. 1970 – Ancient sedimentary environments. London: Chapman & Hall. 237p.

SHORT, K.C. & STAUBLE, A.J. 1967. Outline of the geology of Niger Delta. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 51(1). p. 761-779.

SILVA, C.G. 1987. Estudo da evolução geológica e geomorfológica da região da Lagoa Feia, RJ. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 160 p.

WALKER, R.G. 1984 – General introduction: facies, facies sequences and facies models. *In*: WALKER, R.G. (Ed.). *Facies Models*. 2nd ed. Toronto: Geoscience Canada. p.1-10.

WEBER, K.J. 1986. Hydrocarbon distribution patterns in Nigerian growth fault structures controlled by structural style and stratigraphy. *In*: AAPG Bulletin, v. 70. p. 661-662.

WEBER, K.J. & DAUKORU, E.M. 1975. Petroleum geology of the Niger delta. *In*: Proceedings of the Nineth World Petroleum Congress, Tokyo, v. 2. p. 202-221.

WINTER, R.W.; JAHNERT, R.J. & FRANÇA, A.B. 2007. Bacia de Campos. Boletim de Geociências da Petrobrás, 15(2). p. 511-529.

WRIGHT, L.D. 1978. River Deltas. *In*: Coastal Sedimentary Environments (Ed. DAVIS Jr.). New York, Springer-Verlag. p. 5-68.

TOMAZ, E.A. 2001. Integração de dados estruturais ao longo da margem continental da bacia de Campos, região da planície costeira do rio Paraíba do Sul. Trabalho de conclusão de curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 50p.

TOMAZ, E.A. 2005. Mapeamento de paleocanais ao longo da planície costeira do rio Paraíba do Sul e plataforma continental da bacia de Campos e sua possível relação com a evolução do *canyon* Almirante Câmara. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 89 p.

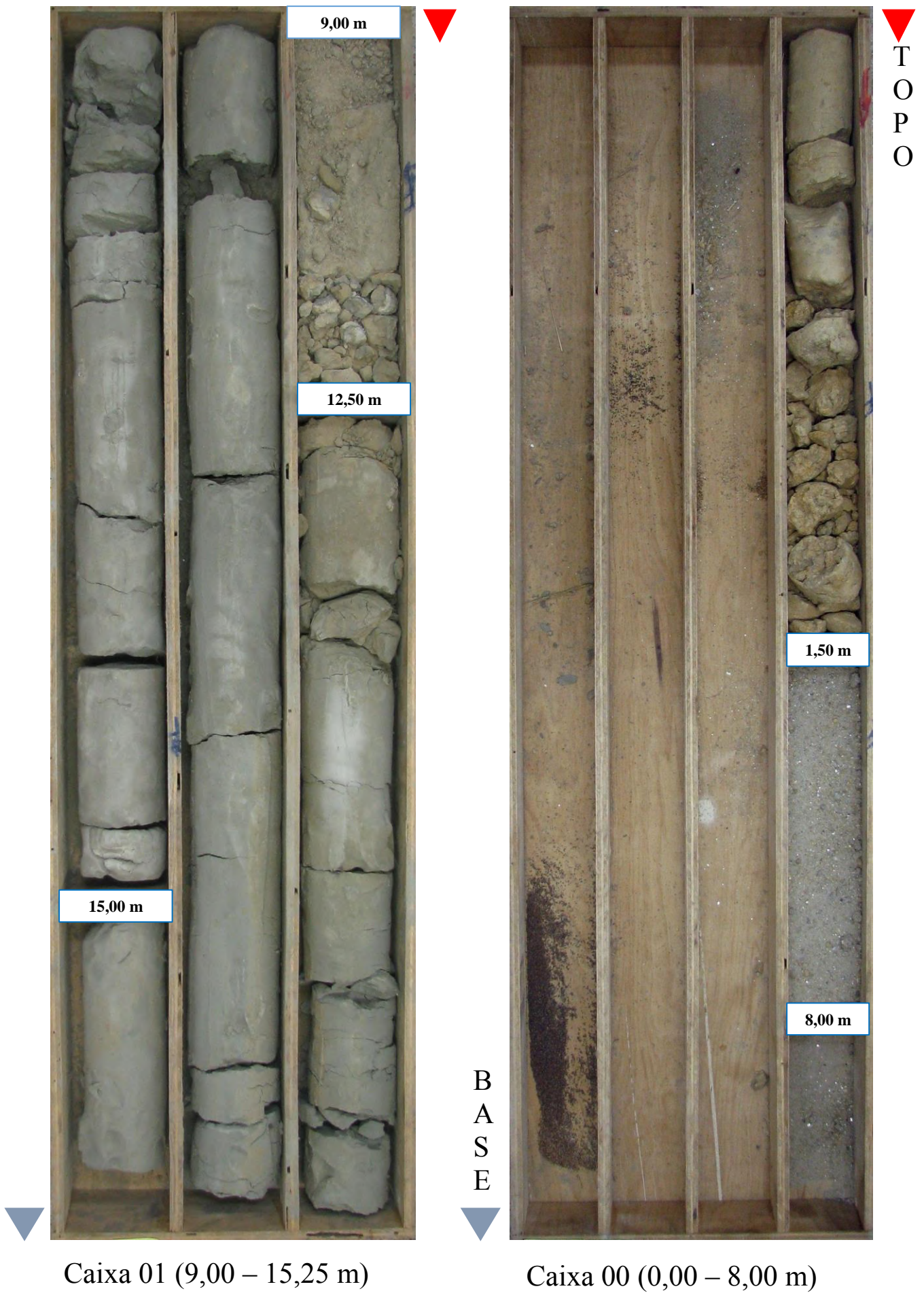
VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T; VIEIRA M. N. S. 1988. Solos: propriedades, classificação e manejo. Brasília, DF: MEC/ABEAS.



## **APÊNDICE A**

Arquivo fotográfico do testemunho do poço 2-MU-1-RJ (~200m).

## 2-MU-1-RJ





## 2-MU-1-RJ



Caixa 03 (18,60 – 21,00 m)



Caixa 02 (15,25 – 18,60 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 05 (25,10 – 29,70 m)



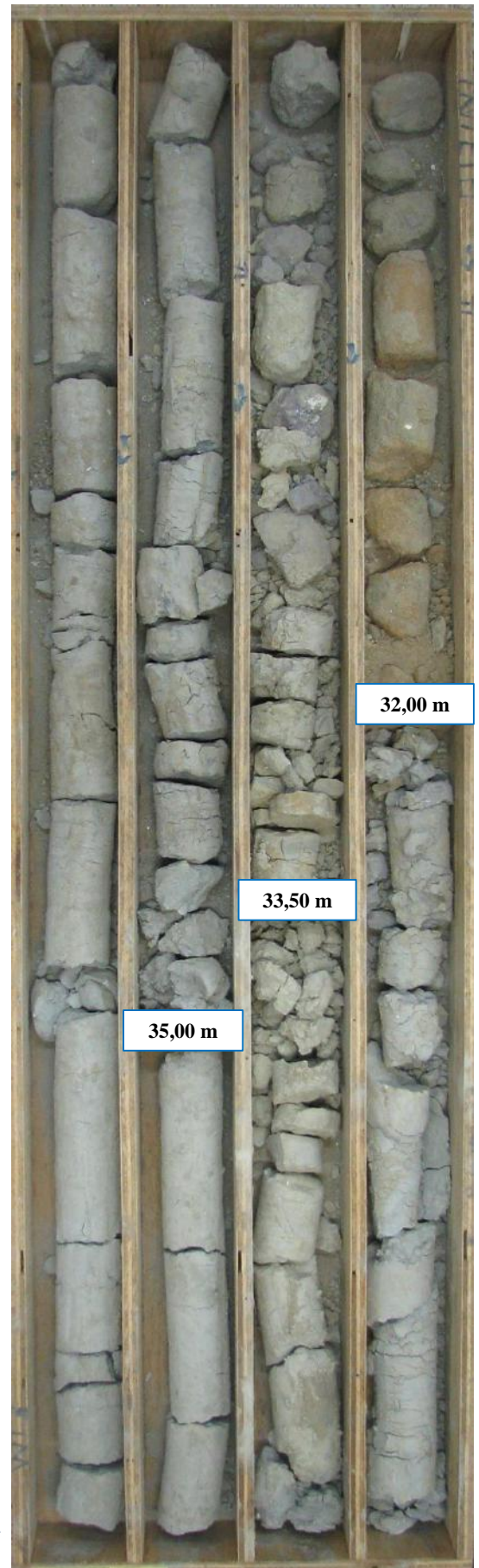
Caixa 04 (21,00 – 25,10 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 07 (36,35 – 40,30 m)



Caixa 06 (29,70 – 36,35 m)



## 2-MU-1-RJ



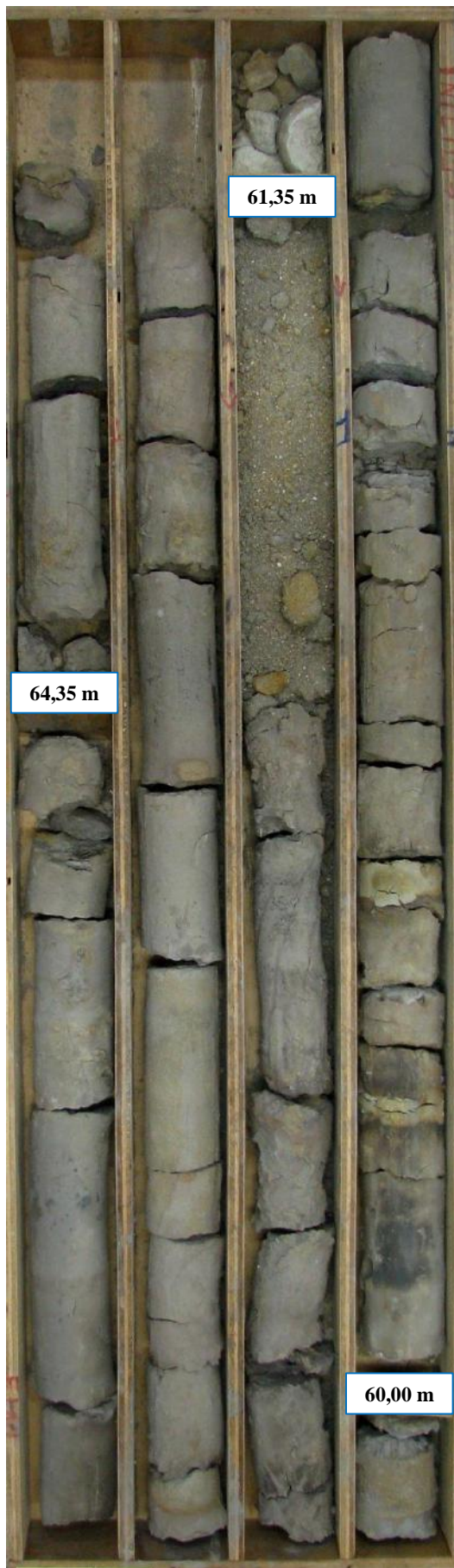
Caixa 09 (46,15 – 51,80 m)



Caixa 08 (40,30 – 46,15 m)



## 2-MU-1-RJ



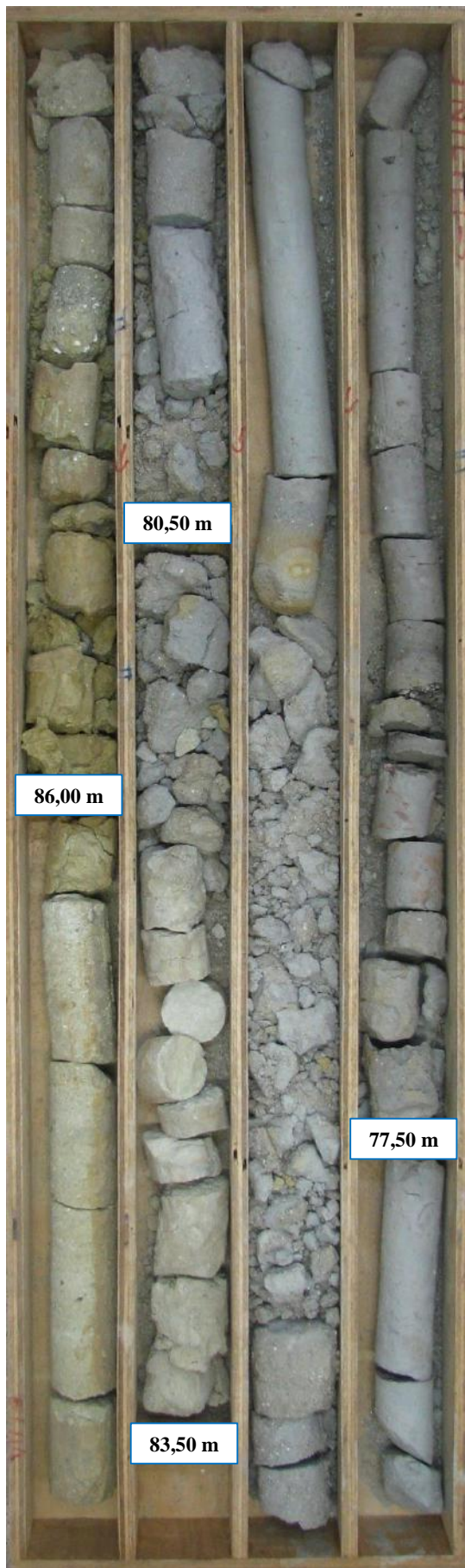
Caixa 11 (58,35 – 64,95 m)



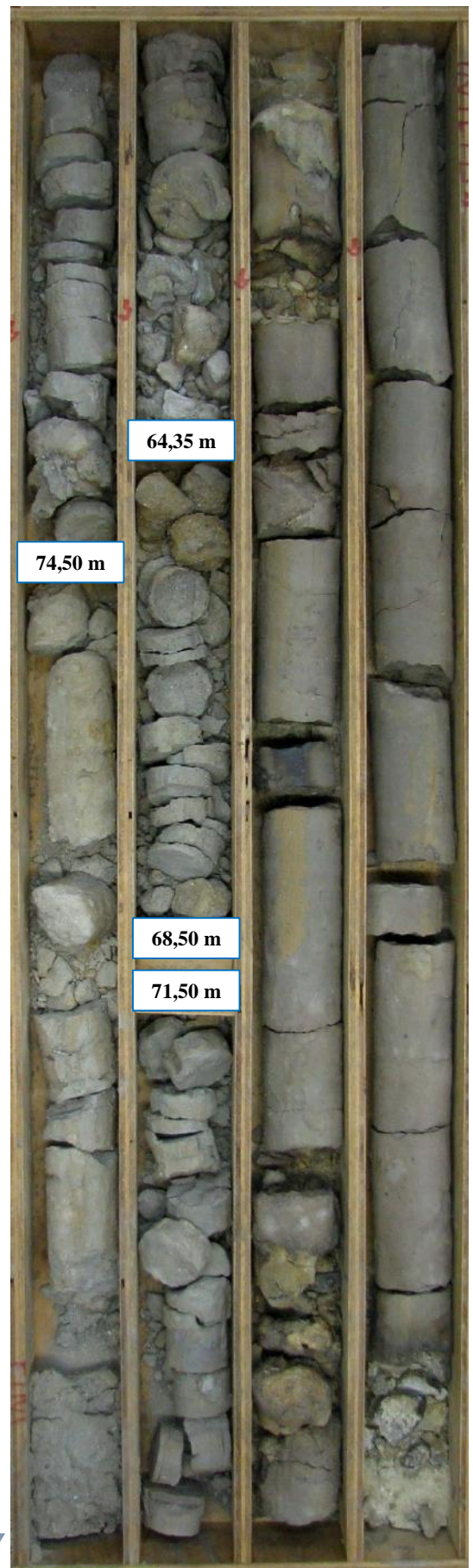
Caixa 10 (51,80 – 58,35 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 13 (75,15 – 86,50 m)



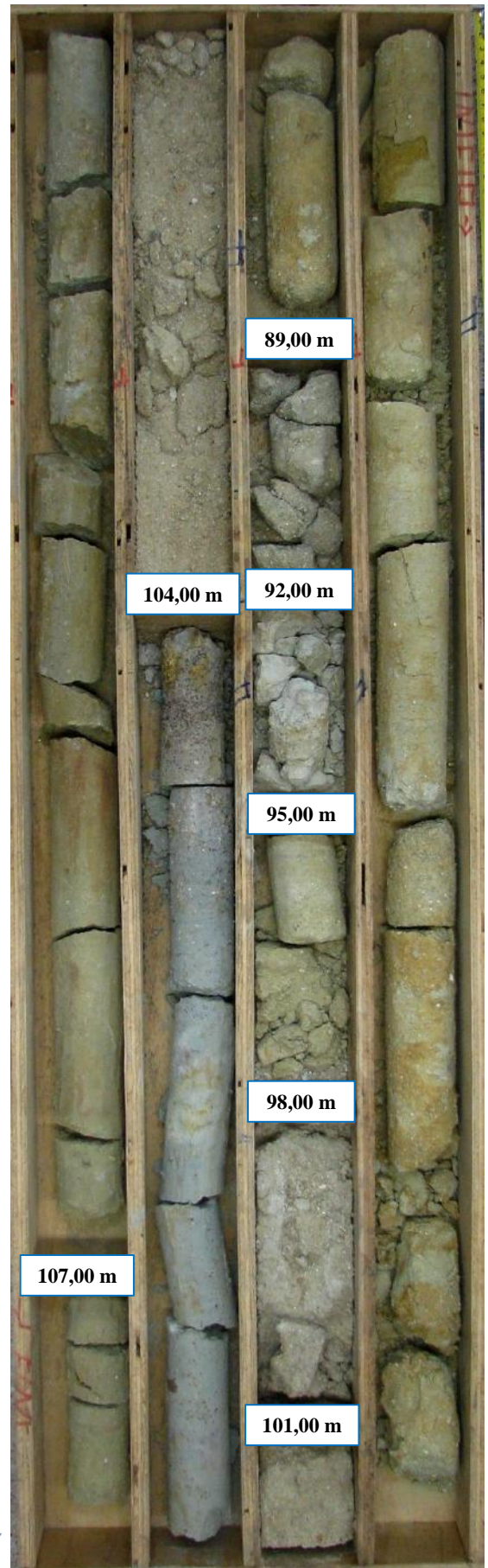
Caixa 12 (64,95 – 75,15 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 15 (107,20 – 111,00 m)



Caixa 14 (86,50 – 107,20 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 17 (115,00 – 139,50 m)



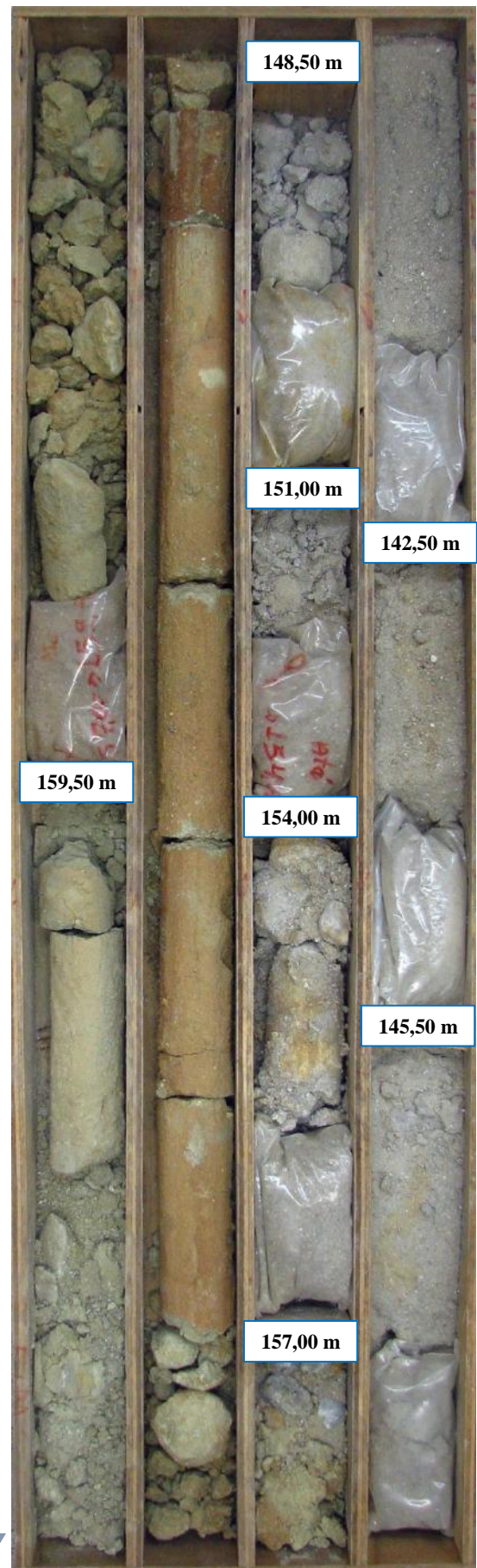
Caixa 16 (111,00 – 115,00 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 19 (160,00 – 167,00 m)



Caixa 18 (139,50 – 160,00 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 21 (174,00 – 179,20 m)



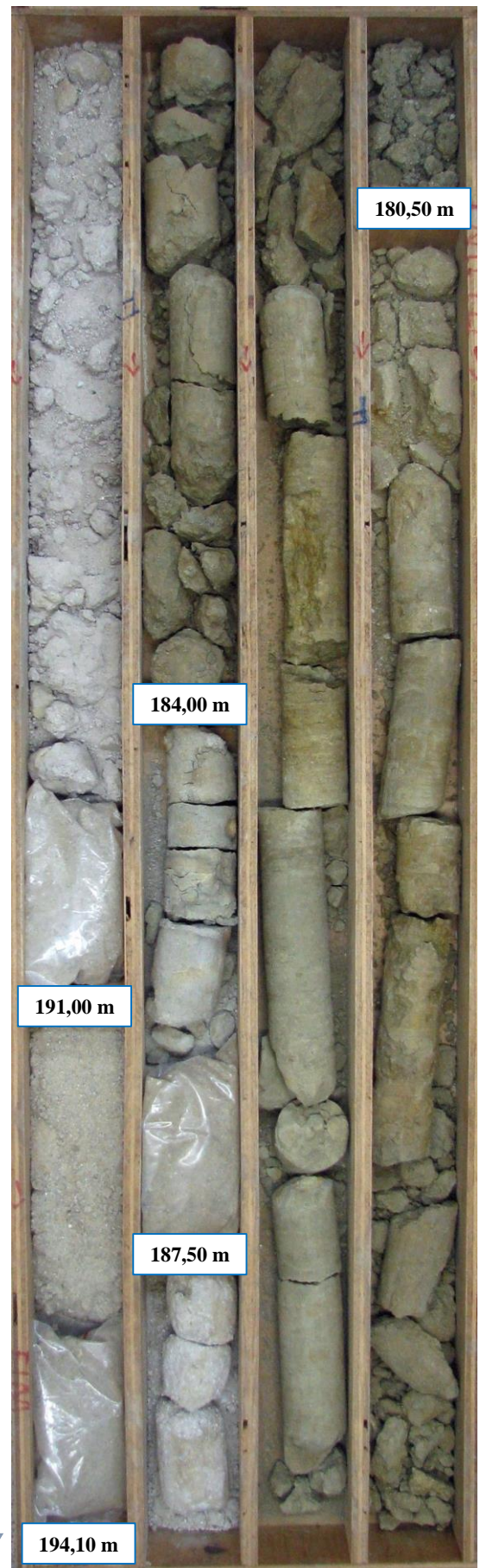
Caixa 20 (167,00 – 174,00 m)



## 2-MU-1-RJ



Caixa 23 (194,10 – 200,10 m)



Caixa 22 (179,20 – 194,10 m)

**Quadro Ia** – Manobras executadas durante a sondagem, com controle de profundidade, avanço e recuperação.

| CAIXA | PROFUNDIDADE | AVANÇO | RECUPERAÇÃO    |
|-------|--------------|--------|----------------|
| 00    | 1,50m        | 1,50m  | 0,50m          |
|       | 8,00m        | 6,50m  | 0,35m          |
| 01    | 9,00m        | 1,00m  | Não recuperado |
|       | 12,50m       | 3,50m  | 0,35m          |
|       | 15,00m       | 2,50m  | 2,40m          |
| 02    | 18,00m       | 3,00m  | 2,60m          |
| 03    | 21,00m       | 3,00m  | 2,75m          |
| 04    | 24,00m       | 3,00m  | 2,90m          |
| 05    | 26,00m       | 2,00m  | 1,75m          |
|       | 27,50m       | 1,50m  | 1,10m          |
|       | 29,70m       | 2,20m  | 2,05m          |
| 06    | 32,00m       | 2,30m  | 0,40m          |
|       | 33,50m       | 1,50m  | 1,10m          |
|       | 35,00m       | 1,50m  | 1,05m          |
| 07    | 38,00m       | 3,00m  | 2,65m          |
| 08    | 42,00m       | 4,00m  | 3,70m          |
|       | 45,00m       | 3,00m  | 1,75m          |
| 09    | 48,00m       | 3,00m  | 2,25m          |
|       | 51,00m       | 3,00m  | 2,10m          |
| 10    | 54,00m       | 3,00m  | 1,55m          |
|       | 57,00m       | 3,00m  | 1,80m          |
| 11    | 60,00m       | 3,00m  | 2,25m          |
|       | 61,35m       | 1,65m  | 0,20m          |
|       | 64,35m       | 3,00m  | 2,20m          |
| 12    | 67,35m       | 3,00m  | 2,80m          |
|       | 68,50m       | 1,15m  | 0,35m          |
|       | 71,50m       | 3,00m  | Não recuperado |
|       | 74,50m       | 3,00m  | 0,70m          |
| 13    | 77,50m       | 3,00m  | 1,40m          |
|       | 80,50m       | 3,00m  | 1,55m          |
|       | 83,50m       | 3,00m  | 0,60m          |
|       | 86,00m       | 2,50m  | 0,50m          |

**Quadro Ib** – Manobras executadas durante a sondagem, com controle de profundidade, avanço e recuperação.

| CAIXA     | PROFUNDIDADE | AVANÇO | RECUPERAÇÃO |
|-----------|--------------|--------|-------------|
| <b>14</b> | 89,00m       | 3,00m  | 1,60m       |
|           | 92,00m       | 3,00m  | 0,15m       |
|           | 95,00m       | 3,00m  | 0,15m       |
|           | 98,00m       | 3,00m  | 0,20m       |
|           | 101,00m      | 3,00m  | 0,20m       |
|           | 104,00m      | 3,00m  | 0,45m       |
|           | 107,00m      | 3,00m  | 1,40m       |
| <b>15</b> | 110,00m      | 3,00m  | 3,00m       |
| <b>16</b> | 112,50m      | 2,50m  | 3,00m       |
| <b>17</b> | 115,50m      | 3,00m  | 2,65m       |
|           | 118,50m      | 3,00m  | 0,55m       |
|           | 121,50m      | 3,00m  | 0,60m       |
|           | 124,50m      | 3,00m  | 0,70m       |
|           | 127,50m      | 3,00m  | 0,35m       |
|           | 130,50m      | 3,00m  | 0,35m       |
|           | 133,50m      | 3,00m  | 0,50m       |
|           | 136,50m      | 3,00m  | 0,30m       |
|           | 139,50m      | 3,00m  | 0,35m       |
| <b>18</b> | 142,50m      | 3,00m  | 0,35m       |
|           | 145,50m      | 3,00m  | 0,30m       |
|           | 148,50m      | 3,00m  | 0,35m       |
|           | 151,00m      | 2,50m  | 0,25m       |
|           | 154,00m      | 3,00m  | 0,20m       |
|           | 157,00m      | 3,00m  | 0,30m       |
|           | 159,50m      | 2,50m  | 1,65m       |
| <b>19</b> | 162,50m      | 3,00m  | 0,45m       |
|           | 165,50m      | 3,00m  | 2,10m       |
| <b>20</b> | 168,00m      | 2,50m  | 2,50m       |
|           | 171,00m      | 3,00m  | 2,35m       |
| <b>21</b> | 174,00m      | 3,00m  | 0,55m       |
|           | 177,00m      | 3,00m  | 1,80m       |

**Quadro Ic** – Manobras executadas durante a sondagem, com controle de profundidade, avanço e recuperação.

| CAIXA | PROFUNDIDADE | AVANÇO | RECUPERAÇÃO |
|-------|--------------|--------|-------------|
| 22    | 180,50m      | 3,50m  | 2,30m       |
|       | 184,00m      | 3,50m  | 2,30m       |
|       | 187,50m      | 3,50m  | 0,35m       |
|       | 191,00m      | 3,50m  | 0,85m       |
|       | 194,10m      | 3,10m  | 0,35m       |
| 23    | 197,10m      | 3,00m  | 0,30m       |
|       | 200,10m      | 3,00m  | 0,30m       |

## **APÊNDICE B**

Descrição litológica, na escala de 1:40, do testemunho do poço  
2-MU-1-RJ (~200m).

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA   | LITOLOGIA/TEXTURA  | ESTRUTURA<br>E OUTRAS<br>FEIÇÕES | OBSERVAÇÃO     |
|------------------|---------|--|----------------------------------|----------------|
| 0,00 – 0,50      | 00      | Arenito muito fino superior, anguloso, muito mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita e biotita, 35% de argilosidade. Cor: Grayish orange 10YR 7/4.                             |                                  |                |
| 0,50 – 1,50      | 00      | Não recuperado   | Não recuperado                   | Não recuperado |
| 1,50 – 1,85      | 00      | Areia média superior, angulosa, mal selecionada, rica em grânulos. Composição: quartzo, muscovita, biotita e feldspato, 5% argilosidade. Cor: Grayish orange pink 5YR 7/2.             |                                  |                |
| 1,85 – 9,00      | 00 – 01 | Não recuperado   | Não recuperado                   | Não recuperado |
| 9,00 – 9,20      | 01      | Arenito fino superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, muscovita, biotita, feldspato, 25% argilosidade. Cor: Grayish orange 10YR 7/4.     |                                  | Material usado |
| 9,20 – 9,35      | 01      | Arenito muito fino superior, anguloso, bem selecionado, com lentes de argila. Composição: quartzo, muscovita, 15% argilosidade, presença de fitoclastos. Cor: Light olive gray 5Y 6/1. | Bioturbação.                     |                |
| 9,35 – 12,50     | 01      | Não recuperado   | Não recuperado                   | Não recuperado |
| 12,50 – 12,75    | 01      | Arenito muito fino superior, anguloso, bem selecionado, com lentes de argila. Composição: quartzo, muscovita, 15% argilosidade, presença de fitoclastos. Cor: Light olive gray 5Y 6/1. | Bioturbação.                     |                |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b>   |
|--------------------------|--------------|--|---|---|
| 12,75 – 14,90            | 01           | Arenito híbrido muito fino superior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 40% argilosidade, presença de fitoclastos e bioclastos. Cor: Light olive gray 5Y 6/1.                              | Ripples e bioturbação.                    | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 14,90 – 15,00            | 01           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado  |
| 15,00 – 17,60            | 01 – 02      | Arenito híbrido muito fino superior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 40% argilosidade, presença de fitoclastos e bioclastos. Cor: Light olive gray 5Y 6/1.                              | Ripples e bioturbação.                    | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 17,60 – 18,00            | 02           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado  |
| 18,00 – 19,80            | 02 – 03      | Arenito híbrido fino inferior, anguloso, mal selecionado, com presença de grânulos.<br>Composição: quartzo, muscovita, 30% argilosidade, ocorrência de bioclastos inteiros e fragmentados. Cor: Light gray nº 7.   | Bioturbação.                              | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 19,80 – 20,35            | 03           | Arenito híbrido muito fino superior, anguloso, moderadamente selecionado.<br>Composição: quartzo, muscovita, biotita, 30% de argilosidade, com presença de fitoclastos e bioclastos. Cor: Light olive gray 5Y 6/1. | Ripples e bioturbação.                    | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 20,35 – 20,75            | 03           | Arenito muito fino superior, anguloso, bem selecionado, com lentes de argila.<br>Composição: quartzo, muscovita, 15% argilosidade, presença de fitoclastos. Cor: Light olive gray 5Y 6/1.                          | Bioturbação.                              |   |
| 20,75 – 21,00            | 03           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado  |



| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b>           | <b>OBSERVAÇÃO</b>   |
|--------------------------|--------------|---|---|---|
| 21,00 – 21,50            | 04           | Arenito híbrido muito fino superior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo e muscovita, 35% de argilosidade. Cor: Light olive gray 5Y 6/1.   | Bioturbação.  | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 21,50 – 23,90            | 04           | Intercalações entre arenito híbrido e argilito, com presença de fitoclastos, bioclastos, ostracodes e tubos de thalassinoide. Cor: Light olive gray 5Y 6/1. O arenito híbrido é muito fino superior, anguloso, mal selecionado. Composição: quartzo e muscovita, 40% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo fláser, bioturbado. | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 23,90 – 24,00            | 04           | Não recuperado  | Não recuperado                                      | Não recuperado  |
| 24,00 – 25,45            | 04 – 05      | Intercalações entre arenito híbrido e argilito, com presença de fitoclastos, bioclastos, ostracodes e tubos de thalassinoide. Cor: Light olive gray 5Y 6/1. O arenito híbrido é muito fino superior, anguloso, mal selecionado. Composição: quartzo e muscovita, 40% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo fláser, bioturbado. | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 25,45 – 25,75            | 05           | Arenito híbrido médio superior, subarredondado, mal selecionado. Composição: quartzo e muscovita, 25% argilosidade, com presença de bioclastos. Cor: Light gray nº 7.   | Bioturbação.  | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 25,75 – 26,00            | 05           | Não recuperado  | Não recuperado                                      | Não recuperado  |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b>           | <b>OBSERVAÇÃO</b>   |
|--------------------------|--------------|--|---|---|
| 26,00 – 26,30            | 05           | Arenito híbrido médio superior, subarredondado, mal selecionado. Composição: quartzo e muscovita, 25% argilosidade, com presença de bioclastos. Cor: Light gray nº 7.  | Bioturbação.  | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 26,30 – 27,10            | 05           | Arenito muito fino superior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, muscovita e biotita, 35% de argilosidade, com presença de fitoclastos. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2, com níveis oxidados.   |   |   |
| 27,10 – 27,50            | 05           | Não recuperado   | Não recuperado                                      | Não recuperado  |
| 27,50 – 29,15            | 05           | Intercalações entre arenito híbrido e argilito, com presença de bioclastos. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2, com níveis oxidados. O arenito híbrido é muito fino superior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo e muscovita, 35% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo fláser, bioturbado. | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 29,15 – 29,55            | 05           | Intercalações entre arenito híbrido e argilito, com presença de bioclastos. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2, com níveis oxidados. O arenito híbrido é médio superior, subanguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, 25% de argilosidade.               | Acamamento heterolítico do tipo fláser, bioturbado. | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 29,55 – 29,70            | 05           | Não recuperado   | Não recuperado                                      | Não recuperado  |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b>                     | <b>OBSERVAÇÃO</b>   |
|--------------------------|--------------|--|---|---|
| 29,70 – 29,90            | 06           | Intercalações entre arenito híbrido e argilito, com presença de bioclastos. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2, com níveis oxidados. O arenito híbrido é médio superior, subanguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, 25% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo fláser, bioturbado.           | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 29,90 – 30,10            | 06           | Arenito híbrido médio superior, subanguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, 5% de argilosidade, com presença de bioclastos. Cor: Dark yellowish orange 10YR 6/6.  |   | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 30,10 – 32,00            | 06           | Não recuperado   | Não recuperado  | Não recuperado  |
| 32,00 – 32,75            | 06           | Arenito híbrido fino inferior, anguloso, muito mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita e biotita, 30% de argilosidade, com presença de bioclastos e espinhos de equinoide (fossilífero). Cor: Light olive gray 5Y 6/1.           | Bioturbação.  | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 32,75 – 33,10            | 06           | Arenito híbrido muito fino superior, angulosa, mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 45% de argilosidade, com presença de bioclastos e agulhas carbonáticas. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.                                      | Acamamento levemente heterolítico do tipo fláser, bioturbado. | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 33,10 – 33,50            | 06           | Não recuperado   | Não recuperado  | Não recuperado  |
| 33,50 – 33,95            | 06           | Arenito híbrido muito fino superior, angulosa, mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 45% de argilosidade, com presença de bioclastos e agulhas carbonáticas. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.                                      | Acamamento levemente heterolítico do tipo fláser, bioturbado. | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b>   |
|--------------------------|--------------|--|---|---|
| 33,95 – 34,55            | 06           | Arenito híbrido fino superior, anguloso, mal selecionado.<br>Composição: quartzo, muscovita, 35% argilosidade, com presença de bioclastos e agulhas carbonáticas (fossilífero). Cor: Light gray nº 7.                            | Bioturbação.                              | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 34,55 – 35,00            | 06           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado  |
| 35,00 – 37,65            | 06 – 07      | Arenito híbrido fino superior, anguloso, mal selecionado.<br>Composição: quartzo, muscovita, 35% argilosidade, com presença de bioclastos e agulhas carbonáticas (fossilífero). Cor: Light gray nº 7.                            | Bioturbação.                              | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 37,65 – 38,00            | 07           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado  |
| 38,00 – 39,15            | 07           | Arenito híbrido fino superior, anguloso, mal selecionado.<br>Composição: quartzo, muscovita, 35% argilosidade, com presença de bioclastos e agulhas carbonáticas (fossilífero). Cor: Light gray nº 7.                            | Bioturbação.                              | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 39,15 – 39,85            | 07           | Arenito híbrido fino superior, anguloso, mal selecionado, com presença de grânulos subarredondados. Composição: quartzo, 35% de argilosidade, com presença de bioclastos e espinhos de equinoide. Cor: Light gray nº 7.          | Bioturbação.                              | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 39,85 – 41,20            | 07 – 08      | Arenito híbrido fino inferior, anguloso, muito mal selecionado, com presença de grânulos e seixos arredondados. Composição: quartzo, 25% argilosidade, com presença de bioclastos e espinhos de equinoide. Cor: Light gray nº 7. |   | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b>   |
|--------------------------|--------------|--|---|---|
| 41,20 – 41,70            | 08           | Arenito híbrido fino superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, 40% argilosidade, com presença de bioclastos fragmentados. Cor: Greenish gray 5GY 6/1.                               | Bioturbação.                              | Arenito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 41,70 – 42,00            | 08           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado  |
| 42,00 – 42,35            | 08           | Argilito arenoso. Cor: Greenish gray 5GY 6/1. O arenito é fino superior, subanguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, 60% de argilosidade.   |   |   |
| 42,35 – 43,00            | 08           | Arenito muito fino superior, subanguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, 20% de argilosidade, com presença de nódulos de ferro e minerais com capa de oxidação. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6, com níveis oxidados no topo. |   |   |
| 43,00 – 43,75            | 08           | Arenito fino superior, subanguloso, moderadamente selecionado. Composição: quartzo, 15% de argilosidade, com presença de nódulos de ferro e minerais com capa de oxidação. Cor: Dark yellowish orange 10YR 6/6.                  | Material friável e oxidado.               | Provavelmente trata-se de uma superfície de exposição subaérea.   |
| 43,75 – 45,00            | 08           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado  |
| 45,00 – 45,40            | 08           | Arenito grosso superior, subarredondado, mal selecionado. Composição: quartzo, 10% de argilosidade, com presença de minerais com capa de oxidação. Cor: Dark yellowish orange 10YR 6/6.  | Material friável e oxidado.               | Provavelmente trata-se de uma superfície de exposição subaérea.   |

| INTERVALO (m) | CAIXA   | LITOLOGIA/TEXTURA  | ESTRUTURA E OUTRAS FEIÇÕES                          | OBSERVAÇÃO  |
|---------------|---------|--|---|---|
| 45,40 – 45,75 | 08      | Arenito fino inferior, subanguloso, moderadamente selecionado. Composição: quartzo, 15% de argilosidade, com presença de minerais com capa de oxidação. Cor: Dark yellowish orange 10YR 6/6.   | Material friável e oxidado.                         | Provavelmente trata-se de uma superfície de exposição subaérea.   |
| 45,75 – 47,25 | 08 – 09 | Arenito fino inferior, subanguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, 25% de argilosidade, com presença de nódulos de ferro, minerais com capa de oxidação. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |   |   |
| 47,25 – 48,00 | 09      | Não recuperado   | Não recuperado                                      | Não recuperado  |
| 48,00 – 48,20 | 09      | Arenito fino inferior, subanguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, 25% de argilosidade, com presença de nódulos de ferro, minerais com capa de oxidação. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |   |   |
| 48,20 – 50,10 | 09      | Intercalações entre siltito híbrido e arenito, com presença de bioclastos e tubos de thalassinoide. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. O arenito varia desde fino superior à médio superior com grânulos, sendo sempre subanguloso e mal selecionado. Composição: quartzo, 60% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. | Siltito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 50,10 – 51,00 | 09      | Não recuperado   | Não recuperado                                      | Não recuperado  |
| 51,00 – 52,50 | 09 – 10 | Intercalações entre siltito híbrido e arenito, com presença de bioclastos e tubos de thalassinoide. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. O arenito varia desde fino superior à médio superior com grânulos, sendo sempre subanguloso e mal selecionado. Composição: quartzo, 60% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. | Siltito híbrido é constituído pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b>           | <b>OBSERVAÇÃO</b>   |
|--------------------------|--------------|---|---|---|
| 52,50 – 52,55            | 10           | Areia híbrida média superior, subangulosa, moderadamente selecionada. Composição: quartzo, 5% argilosidade, com presença de nódulos de ferro, fragmentos de concha e espinhos de equinoide. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4. |   | Areia híbrida é constituída pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 52,55 – 54,00            | 10           | Não recuperado  | Não recuperado                                      | Não recuperado  |
| 54,00 – 55,80            | 10           | Areia híbrida média superior, subangulosa, moderadamente selecionada. Composição: quartzo, 5% argilosidade, com presença de nódulos de ferro, fragmentos de concha e espinhos de equinoide. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4. |   | Areia híbrida é constituída pela mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de diversas origens. |
| 55,80 – 57,00            | 10           | Não recuperado  | Não recuperado                                      | Não recuperado  |
| 57,00 – 57,35            | 10           | Arenito fino superior, subanguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 25% de argilosidade, com presença de alguns níveis de argilito maciço. Cor: Medium gray nº 6.                                    | Bioturbação.  |   |
| 57,35 – 59,25            | 10 – 11      | Intercalações entre argilito arenoso e arenito, com presença de fitoclastos. Cor: Medium gray nº 6. O arenito é muito fino inferior, anguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 65% de argilosidade.  | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |   |
| 59,25 – 60,00            | 11           | Não recuperado  | Não recuperado                                      | Não recuperado  |



| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b>           | <b>OBSERVAÇÃO</b> |
|--------------------------|--------------|---|---|-------------------|
| 60,00 – 60,10            | 11           | Intercalações entre argilito arenoso e arenito, com presença de fitoclastos. Cor: Medium gray nº 6. O arenito é muito fino inferior, anguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 65% de argilosidade.    | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |                   |
| 60,10 – 60,20            | 11           | Areia média inferior, subangulosa, muito mal selecionada, com presença de grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato, 30% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1.   |   |                   |
| 60,20 – 61,35            | 11           | Não recuperado  | Não recuperado                                      | Não recuperado    |
| 61,35 – 61,70            | 11           | Areia grossa superior, subarredondada, mal selecionada, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Pale yellowish brown 10YR 6/2.  |   |                   |
| 61,70 – 63,55            | 11           | Intercalações entre argilito e arenito, com presença de fitoclastos. Cor: Light brownish gray 5YR 6/1. O arenito é muito fino inferior, anguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 80% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |                   |
| 63,55 – 64,35            | 11           | Não recuperado  | Não recuperado                                      | Não recuperado    |
| 64,35 – 65,60            | 11 – 12      | Intercalações entre argilito e arenito, com presença de fitoclastos. Cor: Light brownish gray 5YR 6/1. O arenito é muito fino inferior, anguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, muscovita, 80% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |                   |

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA | LITOLOGIA/TEXTURA   | ESTRUTURA E<br>OUTRAS<br>FEIÇÕES                              | OBSERVAÇÃO     |
|------------------|-------|---|---|----------------|
| 65,60 – 65,95    | 12    | Intercalações entre argilito e arenito. Cor: Very light gray nº 8.<br>O arenito é médio superior, subanguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, feldspato, 30% de argilosidade.  | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado.           |                |
| 65,95 – 66,40    | 12    | Argilito rico em fitoclastos. Cor: Light brownish gray 5YR 6/1.<br>Areia média inferior, subangulosa, mal selecionada aparece preenchendo as bioturbações.  | Acamamento levemente heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |                |
| 66,40 – 66,70    | 12    | Intercalações entre argilito e arenito. Cor: Light brownish gray 5YR 6/1. O arenito varia desde fino superior, bem selecionado à grosso superior, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos, ambos subangulosos. Composição: quartzo, 60% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado.           |                |
| 66,70 – 66,90    | 12    | Argilito rico em fitoclastos. Cor: Light brownish gray 5YR 6/1.   | Acamamento levemente heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |                |
| 66,90 – 67,15    | 12    | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato, 15% de argilosidade. Cor: Light gray nº 7.  | Bioturbação.  |                |
| 67,15 – 67,35    | 12    | Não recuperado  | Não recuperado  | Não recuperado |
| 67,35 – 67,50    | 12    | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato, 15% de argilosidade. Cor: Light gray nº 7.  | Bioturbação.  |                |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b>           | <b>OBSERVAÇÃO</b> |
|--------------------------|--------------|--|---|-------------------|
| 67,50 – 67,70            | 12           | Intercalações entre argilito e lentes milimétricas de arenito.<br>Cor: Med. light gray nº 6.<br>Arenito varia desde muito fino superior, bem selecionado à fino superior, mal selecionado, angulosos. Composição: quartzo, biotita, 70% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |                   |
| 67,70 – 71,50            | 12           | Não recuperado   | Não recuperado                                      | Não recuperado    |
| 71,50 – 72,20            | 12           | Intercalações entre argilito e lentes milimétricas de arenito.<br>Cor: Med. light gray nº 6.<br>Arenito varia desde muito fino superior, bem selecionado à fino superior, mal selecionado, angulosos. Composição: quartzo, biotita, 70% de argilosidade. | Acamamento heterolítico do tipo linsen, bioturbado. |                   |
| 72,20 – 74,50            | 12           | Não recuperado   | Não recuperado                                      | Não recuperado    |
| 74,50 – 75,15            | 12           | Arenito fino inferior, subanguloso, mal selecionado.<br>Composição: quartzo, muscovita, feldspato, 15% de argilosidade. Cor: Light gray nº 7.  | Estratificação cruzada.                             |                   |
| 75,15 – 75,90            | 13           | Argilito siltico rico em fitoclastos, bem selecionado, com 80% de argilosidade. Cor: Light brownish gray 5YR 6/1.  |   |                   |
| 75,90 – 77,50            | 13           | Não recuperado   | Não recuperado                                      | Não recuperado    |
| 77,50 – 78,00            | 13           | Argilito siltico rico em fitoclastos, bem selecionado, com 80% de argilosidade. Cor: Light brownish gray 5YR 6/1.  |   |                   |
| 78,00 – 79,05            | 13           | Arenito fino superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos.<br>Composição: quartzo, 25% de argilosidade. Cor: Medium light gray nº 6.   |   |                   |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b> |
|--------------------------|--------------|--|---|-------------------|
| 79,05 – 80,50            | 13           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 80,50 – 80,70            | 13           | Arenito fino superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, 25% de argilosidade. Cor: Medium light gray nº 6.  |   |                   |
| 80,70 – 80,90            | 13           | Arenito fino superior, subanguloso, moderadamente selecionado, com pavimento de grânulos na base. Composição: quartzo, muscovita, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1.  |   |                   |
| 80,90 – 81,10            | 13           | Arenito médio superior, subanguloso, moderadamente selecionado. Composição: quartzo, muscovita, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1.   |   |                   |
| 81,10 – 83,50            | 13           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 83,50 – 83,75            | 13           | Arenito médio superior, subanguloso, moderadamente selecionado. Na base do intervalo predomina arenito muito grosso inferior rico em grânulos e seixos. Composição: quartzo, muscovita, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1. |   |                   |
| 83,75 – 84,00            | 13           | Argilito arenoso, bem selecionado com 50% de argilosidade. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6. Fração arenosa é fina superior, subangulosa, de composição quartzo-feldspática.  |   |                   |
| 84,00 – 86,00            | 13           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado    |

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA   | LITOLOGIA/TEXTURA   | ESTRUTURA E<br>OUTRAS<br>FEIÇÕES | OBSERVAÇÃO     |
|------------------|---------|---|----------------------------------|----------------|
| 86,00 – 86,10    | 13      | Argilito arenoso, bem selecionado com 50% de argilosidade. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6. Fração arenosa é fina superior, subangulosa, de composição quartzo-feldspática.   |                                  |                |
| 86,10 – 86,60    | 13 – 14 | Arenito muito grosso inferior, subanguloso, mal selecionado, base do intervalo é rica em grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.   |                                  |                |
| 86,60 – 86,80    | 14      | Arenito médio superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |                                  |                |
| 86,80 – 87,10    | 14      | Arenito fino superior, subanguloso, mal selecionado. Na base do intervalo predomina arenito muito grosso inferior, subanguloso, com grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade, com presença de fitoclastos. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. |                                  |                |
| 87,10 – 87,60    | 14      | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado. A base do intervalo é rica em grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |                                  |                |
| 87,60 – 89,00    | 14      | Não recuperado  | Não recuperado                   | Não recuperado |
| 89,00 – 89,15    | 14      | Arenito muito grosso inferior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.   |                                  |                |



| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA<br/>E OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b> |
|--------------------------|--------------|---|---|-------------------|
| 89,15 – 92,00            | 14           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 92,00 – 92,15            | 14           | Arenito médio superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, 20% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.   |   |                   |
| 92,15 – 95,00            | 14           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 95,00 – 95,20            | 14           | Arenito médio superior, subarredondado, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos na base do intervalo. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4. | Estratificação cruzada.                   |                   |
| 95,20 – 98,00            | 14           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 98,00 – 98,20            | 14           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, muscovita, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1.   |   |                   |
| 98,20 – 101,00           | 14           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 101,00 – 101,45          | 14           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, muscovita, feldspato, 5% de argilosidade, com presença de nódulos de ferro. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1.                 |   |                   |
| 101,45 – 104,00          | 14           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 104,00 – 104,70          | 14           | Argilito, bem selecionado, com 90% de argilosidade. Cor: Light gray nº 7. Observa-se a ocorrência de grânulos de quartzo e feldspato e nódulos de ferro concentrados no topo.                     |   |                   |

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA   | LITOLOGIA/TEXTURA  | ESTRUTURA E<br>OUTRAS<br>FEIÇÕES | OBSERVAÇÃO     |
|------------------|---------|--|----------------------------------|----------------|
| 104,70 – 105,40  | 14      | Argilito arenoso, moderadamente selecionado, com 70% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4. Fração arenosa varia desde fina superior à muito grossa inferior, e sua proporção aumenta para a base formando lentes. | Bioturbação.                     |                |
| 105,40 – 107,00  | 14      | Não recuperado   | Não recuperado                   | Não recuperado |
| 107,00 – 107,50  | 14 – 15 | Argilito arenoso, moderadamente selecionado, com 70% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4. Fração arenosa varia desde fina superior à muito grossa inferior, e sua proporção aumenta para a base formando lentes. | Bioturbação.                     |                |
| 107,50 – 109,05  | 15      | Argilito arenoso, moderadamente selecionado, com 80% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. Fração arenosa varia desde areia muito fina superior à muito grossa inferior.  | Bioturbação.                     |                |
| 109,05 – 110,65  | 15      | Argilito oxidado, bem selecionado, com 90% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4. Observa-se, secundariamente, a presença de areia média superior e grânulos.  | Bioturbação.                     |                |
| 110,65 – 111,75  | 15 – 16 | Arenito grosso inferior, anguloso, mal selecionado, com presença de areia fina superior, subangulosa e grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 15% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.                      | Bioturbação.                     |                |
| 111,75 – 112,30  | 16      | Arenito fino superior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, feldspato e muscovita. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6.   |                                  |                |

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA | LITOLOGIA/TEXTURA  | ESTRUTURA E<br>OUTRAS<br>FEIÇÕES | OBSERVAÇÃO     |
|------------------|-------|--|----------------------------------|----------------|
| 112,30 – 114,35  | 16    | Arenito grosso inferior, subarredondado, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos dispostos em pavimentos. Na base do intervalo há areia muito grossa superior, subangulosa com grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1, com manchas de oxidação.                          |                                  |                |
| 114,35 – 114,50  | 16    | Arenito argiloso, predomínio de areia muito fina superior, angulosa, bem selecionada. Composição: quartzo, 40% de argilosidade, com fitoclastos. Cor: Very light gray nº 8.  |                                  |                |
| 114,50 – 115,00  | 16    | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos. Na base do intervalo há areia muito grossa superior, subangulosa. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2, com manchas de oxidação.   |                                  |                |
| 115,00 – 115,15  | 17    | Arenito médio superior, subanguloso, bem selecionado, com presença de areia muito grossa inferior, subangulosa. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Dark yellowish orange 10YR 6/6.  |                                  |                |
| 115,15 – 115,50  | 17    | Não recuperado   | Não recuperado                   | Não recuperado |
| 115,50 – 116,05  | 17    | Ciclo granodecrescente ascendente. Na base, Arenito grosso superior seguido por Arenito médio superior e, no topo, Arenito fino superior. Todos subangulosos e mal selecionados. Há pavimento de grânulos na base do intervalo. Composição: quartzo, feldspato, 10 à 5 % de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1, com manchas de oxidação. |                                  |                |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b>                     |
|--------------------------|--------------|---|---|---------------------------------------|
| 116,05 – 118,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 118,50 – 118,90          | 17           | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos. Composição: quartzo e feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1.                |   |                                       |
| 118,90 – 119,10          | 17           | Arenito médio superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo e feldspato, 15% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1.                         |   |                                       |
| 119,10 – 121,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 121,50 – 122,20          | 17           | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.                         |   |                                       |
| 122,20 – 124,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 124,50 – 124,85          | 17           | Arenito grosso superior, anguloso, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6.                   |   |                                       |
| 124,85 – 127,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 127,50 – 127,75          | 17           | Arenito médio superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato, 30% de argilosidade, há fitoclastos. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. |   |                                       |
| 127,75 – 127,85          | 17           | Areia muito grossa inferior, subangulosa, mal selecionada, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.                     |   | Material armazenado em saco plástico. |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b>                     |
|--------------------------|--------------|---|---|---------------------------------------|
| 127,85 – 130,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 130,50 – 130,80          | 17           | Arenito médio inferior, subanguloso, mal selecionado, com presença de areia grossa superior, subangulosa e grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.                                     | Estratificação cruzada.                   |                                       |
| 130,80 – 131,00          | 17           | Areia muito grossa, subarredondada, mal selecionada, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.   |   | Material armazenado em saco plástico. |
| 131,00 – 133,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 133,50 – 133,80          | 17           | Areia grossa superior, subarredondada, mal selecionada. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Very light gray nº 8.   |   |                                       |
| 133,80 – 136,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 136,50 – 136,85          | 17           | Areia muito grossa inferior, subangulosa, mal selecionada, com presença de grânulos, cuja proporção aumenta em direção à base do intervalo. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. |   |                                       |
| 136,85 – 139,50          | 17           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 139,50 – 139,85          | 18           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Very light gray nº 8.  |   |                                       |
| 139,85 – 142,50          | 18           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b>                     |
|--------------------------|--------------|---|---|---------------------------------------|
| 142,50 – 142,80          | 18           | Areia muito grossa inferior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade, com presença de nódulos de ferro. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.                            |   |                                       |
| 142,80 – 145,50          | 18           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 145,50 – 145,85          | 18           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada, presença de seixos arredondados concentrados no topo do intervalo. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. |   |                                       |
| 145,85 – 148,50          | 18           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 148,50 – 148,65          | 18           | Arenito médio superior, subanguloso, moderadamente selecionado. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |   |                                       |
| 148,65 – 148,75          | 18           | Areia grossa superior, subangulosa, moderadamente selecionada. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6.   |   | Material armazenado em saco plástico. |
| 148,75 – 151,00          | 18           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 151,00 – 151,20          | 18           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Light gray nº 7.  |   |                                       |
| 151,20 – 154,00          | 18           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 154,00 – 154,20          | 18           | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com seixos arredondados concentrados no topo do intervalo e grânulos dispersos. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Light gray nº 7.      |   |                                       |



| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b>                     |
|--------------------------|--------------|---|---|---------------------------------------|
| 154,20 – 154,30          | 18           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.  |   | Material armazenado em saco plástico. |
| 154,30 – 157,00          | 18           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 157,00 – 158,05          | 18           | Arenito grosso superior, subarredondado, mal selecionado, com grânulos dispersos e seixos arredondados dispostos em pavimentos. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade, há litoclastos tamanho seixo. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4. |   |                                       |
| 158,05 – 158,50          | 18           | Siltito arenoso, bem selecionado com 40% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4. A fração areia é muito fina superior, subangulosa. Composição: quartzo.   |   |                                       |
| 158,50 – 158,65          | 18           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade, com nódulos de ferro. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.  |   | Material armazenado em saco plástico. |
| 158,65 – 159,50          | 18           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado                        |
| 159,50 – 159,70          | 18           | Arenito fino superior, subanguloso, moderadamente selecionado, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 25% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4.   |   |                                       |
| 159,70 – 160,30          | 18 – 19      | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada, com grande concentração de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 15% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4.  |   |                                       |
| 160,30 – 160,45          | 19           | Areia fina superior, angulosa, bem selecionada. Composição: quartzo, 15% de argilosidade, com presença de nódulos de ferro. Cor: Pinkish gray 5YR 8/1.  |   | Material armazenado em saco plástico. |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>   | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b> |
|--------------------------|--------------|--|---|-------------------|
| 160,45 – 162,50          | 19           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 162,50 – 163,50          | 19           | Arenito médio superior, subarredondado, moderadamente selecionado, com presença de poucos grânulos dispersos. Composição: quartzo, feldspato, 35% de argilosidade. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6.            |   |                   |
| 163,50 – 163,75          | 19           | Arenito argiloso fino superior, subarredondado, bem selecionado. Composição: quartzo, feldspato, biotita, 40% de argilosidade, com presença de fitoclastos. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.                    | Bioturbação.                              |                   |
| 163,75 – 163,90          | 19           | Siltito maciço, bem selecionado, com 40% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4.  |   |                   |
| 163,90 – 164,15          | 19           | Arenito argiloso muito fino inferior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, feldspato, biotita, 45% de argilosidade. Cor: Moderate yellow 5Y 7/6.  |   |                   |
| 164,15 – 164,25          | 19           | Siltito maciço, bem selecionado, com 40% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4.  |   |                   |
| 164,25 – 164,60          | 19           | Arenito médio superior, subanguloso, moderadamente selecionado, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa. Composição: quartzo, feldspato, 25% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. |   |                   |
| 164,60 – 165,50          | 19           | Não recuperado   | Não recuperado                            | Não recuperado    |

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA   | LITOLOGIA/TEXTURA   | ESTRUTURA E<br>OUTRAS<br>FEIÇÕES | OBSERVAÇÃO     |
|------------------|---------|---|----------------------------------|----------------|
| 165,50 – 165,60  | 19      | Arenito médio superior, subanguloso, moderadamente selecionado, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa. Composição: quartzo, feldspato, 25% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |                                  |                |
| 165,60 – 165,85  | 19      | Arenito muito grosso superior, subarredondado, mal selecionado, com presença de grânulos de seixos. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |                                  |                |
| 165,85 – 169,50  | 19 – 20 | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa e grânulos. Em alguns pavimentos ocorre maior proporção destas frações mais grossas. Composição: quartzo, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Very light gray nº 8, com manchas de oxidação. |                                  |                |
| 169,50 – 169,65  | 20      | Arenito médio superior, subanguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, feldspato, 25% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.  |                                  |                |
| 169,65 – 170,35  | 20      | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa e grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Very light gray nº 8, com manchas de oxidação.  |                                  |                |
| 170,35 – 171,00  | 20      | Não recuperado  | Não recuperado                   | Não recuperado |

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA | LITOLOGIA/TEXTURA   | ESTRUTURA E<br>OUTRAS<br>FEIÇÕES | OBSERVAÇÃO                            |
|------------------|-------|---|----------------------------------|---------------------------------------|
| 171,00 – 171,25  | 20    | Arenito cascalhoso, muito mal selecionado com 15% de argilosidade. Fração areia dominante é grossa superior, subangulosa, ocorre ainda areia média superior, subangulosa e grânulos e seixos. Composição: quartzo, feldspato. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4.     |                                  |                                       |
| 171,25 – 171,45  | 20    | Arenito médio superior, subanguloso, mal selecionado. Composição: quartzo, feldspato, biotita, 25% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.   |                                  |                                       |
| 171,45 – 171,55  | 20    | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada. Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.   |                                  | Material armazenado em saco plástico. |
| 171,55 – 174,00  | 21    | Não recuperado  | Não recuperado                   | Não recuperado                        |
| 174,00 – 175,80  | 21    | Arenito grosso superior, subanguloso, bem selecionado, presença de areia muito grossa inferior, subangulosa (em alguns pavimentos há predomínio desta fração mais grossa). Composição: quartzo, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4. |                                  |                                       |
| 175,80 – 177,00  | 21    | Não recuperado  | Não recuperado                   | Não recuperado                        |
| 177,00 – 178,55  | 21    | Arenito médio superior, anguloso, bem selecionado. Composição: quartzo, feldspato, muscovita, biotita, 30% de argilosidade. Cor: Very light gray nº 8, com manchas circulares associadas à oxidação.  |                                  |                                       |

| INTERVALO<br>(m) | CAIXA   | LITOLOGIA/TEXTURA   | ESTRUTURA<br>E OUTRAS<br>FEIÇÕES | OBSERVAÇÃO     |
|------------------|---------|---|----------------------------------|----------------|
| 178,55 – 178,70  | 21      | Arenito médio superior, anguloso, moderadamente selecionado, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa e grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 20% de argilosidade. Cor: Very light gray nº 8. |                                  |                |
| 178,70 – 179,10  | 21      | Arenito muito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, presença de grânulos e intraclastos de siltito. Composição: quartzo, feldspato, 25% de argilosidade. Cor: Dusky yellow 5Y 6/4.                       |                                  |                |
| 179,10 – 179,30  | 21 – 22 | Intercalações entre siltito e arenito, cor Dusky yellow 5Y 6/4. A fração arenosa é grossa superior, subangulosa, mal selecionada, com presença de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 30% de argilosidade.  | Bioturbação.                     |                |
| 179,30 – 180,50  | 22      | Não recuperado  | Não recuperado                   | Não recuperado |
| 180,50 – 180,70  | 22      | Arenito grosso superior, subanguloso, moderadamente selecionado, pouca proporção de grânulos. Composição: quartzo, feldspato, biotita, 20% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.                           |                                  |                |
| 180,70 – 181,90  | 22      | Argilito siltico com 65% de argilosidade. Cor: Light olive brown 5Y 5/6. Bioturbações encontram-se preenchidas por areia muito fina superior.   | Bioturbação.                     |                |
| 181,90 – 182,50  | 22      | Argilito arenoso com 50% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2. Presença de areia muito fina superior dispersa em todo o intervalo.   | Bioturbação.                     |                |
| 182,50 – 182,80  | 22      | Argilito siltico com 65% de argilosidade. Cor: Light olive brown 5Y 5/6. Bioturbações encontram-se preenchidas por areia muito fina superior.   | Bioturbação.                     |                |
| 182,80 – 184,00  | 22      | Não recuperado  | Não recuperado                   | Não recuperado |

| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA<br/>E OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b> |
|--------------------------|--------------|---|---|-------------------|
| 184,00 – 184,20          | 22           | Arenito médio superior, subanguloso, moderadamente selecionado, com presença de areia fina superior, subangulosa. Composição: quartzo, feldspato, 30% de argilosidade, minerais com capa de oxidação. Cor: Very light gray nº 8, com manchas de oxidação.                           |   |                   |
| 184,20 – 184,35          | 22           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa e grânulos. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, com 5% de argilosidade. Cor: Grayish yellow 5Y 8/4.   |   |                   |
| 184,35 – 187,50          | 22           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 187,50 – 187,95          | 22           | Arenito grosso superior, subanguloso, mal selecionado, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa e grânulos (a proporção das frações mais grossas aumenta para o topo do intervalo). Composição: quartzo, feldspato, 10% de argilosidade. Cor: Very light gray nº 8. |   |                   |
| 187,95 – 188,20          | 22           | Arenito argiloso médio superior, anguloso, moderadamente selecionado. Composição: quartzo, feldspato, 30% de argilosidade, com presença de fitoclastos. Cor: Very light gray nº 8.  |   |                   |
| 188,20 – 188,35          | 22           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.  |   |                   |
| 188,35 – 191,00          | 22           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |



| <b>INTERVALO<br/>(m)</b> | <b>CAIXA</b> | <b>LITOLOGIA/TEXTURA</b>  | <b>ESTRUTURA E<br/>OUTRAS<br/>FEIÇÕES</b> | <b>OBSERVAÇÃO</b> |
|--------------------------|--------------|---|---|-------------------|
| 191,00 – 191,35          | 22           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.                  |   |                   |
| 191,35 – 194,10          | 22           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 194,10 – 194,40          | 23           | Areia grossa superior, subangulosa, mal selecionada, com presença de areia média superior, subangulosa. Composição: quartzo, quartzo rosa, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 7/2.           |   |                   |
| 194,40 – 197,10          | 23           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |
| 197,10 – 197,40          | 23           | Areia muito grossa inferior, subangulosa, mal selecionada, com presença de areia muito grossa superior, subangulosa e grânulos. Composição: quartzo, feldspato, 5% de argilosidade. Cor: Yellowish gray 5Y 8/1. |   |                   |
| 197,40 – 200,10          | 23           | Não recuperado  | Não recuperado                            | Não recuperado    |

## **APÊNDICE C**

Perfil lito-faciológico, na escala de 1:40, do testemunho do poço  
2-MU-1-RJ (~200m).

## **APÊNDICE D - RESUMO NO 47º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**

Caracterização estratigráfica de um testemunho de sondagem do  
complexo deltaico do rio Paraíba do Sul.

# CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA DE UM TESTEMUNHO DE SONDAGEM DO COMPLEXO DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL.

Plantz, J.B.<sup>1</sup>; Carelli, T.G.<sup>1</sup>; Rodrigues, A.G.<sup>1</sup>; Borghi, L.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED), Universidade Federal do Rio de Janeiro

**RESUMO:** O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul tem sua origem associada a existência de diversos ambientes sedimentares desenvolvidos a partir das fases de evolução do rio Paraíba do Sul e das variações relativas do nível do mar durante os últimos 120.000 anos. Embora muitas pesquisas e trabalhos tenham sido executados na região, a maioria dos modelos evolutivos propostos são baseados principalmente em depósitos superficiais, devido à ausência de amostragens de subsuperfície. Este trabalho tem como objetivo a descrição e caracterização estratigráfica de um testemunho de sondagem (poço UFRJ 2-Canyon-1-RJ) localizado no distrito de Santo Amaro, cidade de Campos dos Goytacazes (coordenadas 7573378,88 / 278961,84 WGS 84), região norte do Estado do Rio de Janeiro, parte emersa da bacia de Campos. O testemunho alcançou a profundidade final de 200 m (contudo, sem atingir o embasamento) e apresenta uma recuperação em torno de 50%. O testemunho foi descrito em escala de 1:40, posteriormente digitalizado utilizando o *software* AppleCore. Foi possível identificar quatro intervalos relacionados a diferentes estágios de sedimentação. O intervalo 1 ocorre da profundidade de 200 m a 68 m, sendo interpretado como depósitos fluviais (meandrante de baixa sinuosidade), caracterizado por ciclos de arenitos friáveis (por vezes exibindo estratificação cruzada) ou areias inconsolidadas, micáceas e angulosas que são sobrepostas por siltitos e argilitos, por vezes contendo esferulitos de siderita. O intervalo 2, que ocorre de profundidade entre 68 m a 42 m, é interpretado como um paleoambiente de planície de maré, caracterizado por acamamento lenticular na porção basal, contendo abundante material fitoclástico, marcas de raízes e bioturbações, sobreposto por areias contendo bioclastos de natureza diversa. Na parte superior deste intervalo predomina arenito fino com acamamento fláser, por vezes contendo material fitoclástico. O intervalo 3, que ocorre da profundidade de 42 m a 12 m, é caracterizado por depósitos híbridos, constituídos por sedimentos siliciclásticos e carbonáticos (bioclastos de natureza diversa), e interpretado como um paleoambiente marinho/lagunar. Observa-se na base deste intervalo a predominância de arenitos (híbridos) grossos e mal selecionados com estrutura maciça que são sobrepostos por arenitos (híbridos) médios a finos, moderadamente selecionados, por vezes exibindo uma laminação incipiente. O intervalo 4, que ocorre da profundidade de 12 m a 0 m, é interpretado como um ambiente fluvial recente. Caracteriza-se, na porção basal, por areias grossas angulosas, mal selecionadas e micáceas, as quais são sobrepostas no topo por uma camada de argilito arenoso oxidado (solo atual). Cabe ressaltar que este intervalo mais superior foi o que exibiu menor recuperação (10%). A análise dos dados e o padrão de sucessão dos quatro intervalos apontam para deposição em um possível sistema estuarino. O intervalo 1, estaria relacionado ao preenchimento de um vale inciso, formado durante o rebaixamento do nível relativo do mar, enquanto os intervalos 2 e 3 estariam relacionados a fase transgressiva, com sucessivo aumento da lâmina d'água e diminuição do aporte fluvial. Já o intervalo 4, representa a instalação de um sistema fluvial recente, em mar alto.

**PALAVRAS-CHAVE:** DELTA DO PARAÍBA DO SUL, BACIA DE CAMPOS, ESTRATIGRAFIA.

## **ANEXO 1**

Relatório da datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) fornecido pelo laboratório  
*Beta Analytic Inc.*



*Consistent Accuracy . . .  
... Delivered On-time*

Beta Analytic Inc.  
4985 SW 74 Court  
Miami, Florida 33155 USA  
Tel: 305 667 5167  
Fax: 305 663 0964  
Beta@radiocarbon.com  
www.radiocarbon.com

Darden Hood  
President  
  
Ronald Hatfield  
Christopher Patrick  
Deputy Directors

September 10, 2014

Mrs. Amanda Goulart Rodrigues  
LAGESED-UFRJ  
Av. Athos da Silveira Ramos 274 sala J1-11  
Rio de Janeiro, Cidade Universitaria 21.941-916  
Brazil

RE: Radiocarbon Dating Results For Samples CAN1-13.20, CAN1-37.70, CAN1-59.00, Delta1-15.25, Delta1-70.60, Delta1-75.70

Dear Mrs. Rodrigues:

Enclosed are the radiocarbon dating results for six samples recently sent to us. The report sheet contains the Conventional Radiocarbon Age (BP), the method used, material type, and applied pretreatments, any sample specific comments and, where applicable, the two-sigma calendar calibration range. The Conventional Radiocarbon ages have been corrected for total isotopic fractionation effects (natural and laboratory induced).

All results (excluding some inappropriate material types) which fall within the range of available calibration data are calibrated to calendar years (cal BC/AD) and calibrated radiocarbon years (cal BP). Calibration was calculated using the one of the databases associated with the 2013 INTCAL program (cited in the references on the bottom of the calibration graph page provided for each sample.) Multiple probability ranges may appear in some cases, due to short-term variations in the atmospheric  $^{14}\text{C}$  contents at certain time periods. Looking closely at the calibration graph provided and where the BP sigma limits intercept the calibration curve will help you understand this phenomenon.

Conventional Radiocarbon Ages and sigmas are rounded to the nearest 10 years per the conventions of the 1977 International Radiocarbon Conference. When counting statistics produce sigmas lower than  $\pm 30$  years, a conservative  $\pm 30$  BP is cited for the result.

All work on these samples was performed in our laboratories in Miami under strict chain of custody and quality control under ISO-17025 accreditation protocols. Sample, modern and blanks were all analyzed in the same chemistry lines by qualified professional technicians using identical reagents and counting parameters within our own particle accelerators. A quality assurance report is posted to your directory for each result.

As always, your inquiries are most welcome. If you have any questions or would like further details regarding the analyses, please do not hesitate to contact us.

Thank you for prepaying the analyses. As always, if you have any questions or would like to discuss the results, don't hesitate to contact me.

Sincerely,

  
Digital signature on file





## REPORT OF RADIOCARBON DATING ANALYSES

Mrs. Amanda Goulart Rodrigues

Report Date: 9/10/2014

LAGESED-UFRJ

Material Received: 8/25/2014

| Sample Data   | Measured Radiocarbon Age | $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio | Conventional Radiocarbon Age(*) |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Beta - 388521<br>SAMPLE : CAN1-13.20<br>ANALYSIS : AMS-Standard delivery<br>MATERIAL/PRETREATMENT : (shell): acid etch<br>COMMENT:<br>(1) The $^{14}\text{C}$ activity was extremely low and almost identical to the background signal. In such cases, indeterminate errors associated with the background add non-measurable uncertainty to the result. Always, the result should be considered along with other lines of evidence. The most conservative interpretation of age is infinite (i.e. greater than).<br>(2) A Measured Radiocarbon Age is not reported for infinite dates since corrections may imply a greater level of confidence than is appropriate. | NA                       | -0.7 o/oo                           | > 43500 BP                      |
| Beta - 388522<br>SAMPLE : CAN1-37.70<br>ANALYSIS : AMS-Standard delivery<br>MATERIAL/PRETREATMENT : (shell): acid etch<br>COMMENT:<br>(1) The $^{14}\text{C}$ activity was extremely low and almost identical to the background signal. In such cases, indeterminate errors associated with the background add non-measurable uncertainty to the result. Always, the result should be considered along with other lines of evidence. The most conservative interpretation of age is infinite (i.e. greater than).<br>(2) A Measured Radiocarbon Age is not reported for infinite dates since corrections may imply a greater level of confidence than is appropriate. | NA                       | -1.7 o/oo                           | > 43500 BP                      |
| Beta - 388523<br>SAMPLE : CAN1-59.00<br>ANALYSIS : AMS-Standard delivery<br>MATERIAL/PRETREATMENT : (organic sediment): acid washes<br>2 SIGMA CALIBRATION : Cal BC 42470 to 40905 (Cal BP 44420 to 42855)  | 40040 +/- 460 BP         | -28.2 o/oo                          | 39990 +/- 460 BP                |

Dates are reported as RCYBP (radiocarbon years before present, "present" = AD 1950). By international convention, the modern reference standard was 95% the  $^{14}\text{C}$  activity of the National Institute of Standards and Technology (NIST) Oxalic Acid (SRM 4990C) and calculated using the Libby  $^{14}\text{C}$  half-life (5568 years). Quoted errors represent 1 relative standard deviation statistics (68% probability) counting errors based on the combined measurements of the sample, background, and modern reference standards. Measured  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios (delta  $^{13}\text{C}$ ) were calculated relative to the PDB-1 standard.

The Conventional Radiocarbon Age represents the Measured Radiocarbon Age corrected for isotopic fractionation, calculated using the delta  $^{13}\text{C}$ . On rare occasion where the Conventional Radiocarbon Age was calculated using an assumed delta  $^{13}\text{C}$ , the ratio and the Conventional Radiocarbon Age will be followed by "\*\*". The Conventional Radiocarbon Age is not calendar calibrated. When available, the Calendar Calibrated result is calculated from the Conventional Radiocarbon Age and is listed as the "Two Sigma Calibrated Result" for each sample.